

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-45052

(P2001-45052A)

(43)公開日 平成13年2月16日(2001.2.16)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード*(参考)

H 0 4 L 12/56

H 0 4 L 11/20

1 0 2 Z 5 K 0 0 2

H 0 4 B 10/02

H 0 4 B 9/00

T 5 K 0 3 0

10/20

N 9 A 0 0 1

審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全 26 頁)

(21)出願番号

特願平11-213185

(22)出願日

平成11年7月28日(1999.7.28)

(71)出願人

000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72)発明者

中平 佳裕

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気

工業株式会社内

(74)代理人

100090620

弁理士 工藤 宣幸

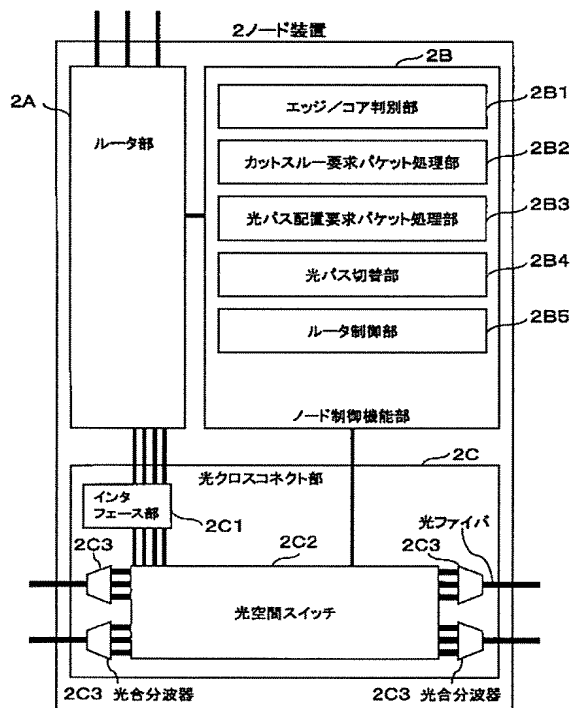
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ノード及び光ネットワークシステム

(57)【要約】

【課題】 光ネットワークシステム上にカットスルー光パスを設定する方法を提案する。

【解決手段】 まず、自ノードが収容する端末又はアクセス系ネットワークへのパケットの転送を確認した宛先側エッジノードが、送信側エッジノードに宛てて自ノードの空き資源情報を通知する。次に、送信側エッジノードが、宛先側エッジノード及びコアノードより通知された空き資源情報に基づいて転送経路上に設定すべき最適な光パスの配置を求める。その後、送信側エッジノード、コアノード及び宛先側エッジノードが、前工程で求められた光パスの配置に従い、転送経路上の全部又は一部をカットスルーする光パスを設定するようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ネットワークシステムを構成するノード装置それぞれに設けられ、各ノード装置におけるパケット転送動作の制御に用いられるノード制御装置であって、

自身の制御するノード装置が、現処理対象である転送パケットに対する送信側エッジノードに当るか、コアノードに当るか、宛先側エッジノードに当るか判定するエッジ／コア判定手段と、

自身の制御するノード装置が宛先側エッジノードに当るとき、その転送経路上流側に、自ノードの空き資源情報をカットスルー要求パケットとして通知し、自身の制御するノード装置がコアノードに当るとき、その転送経路下流側から受信された又は個別に生成したカットスルー要求パケットに、自ノードの空き資源情報を追加して転送経路上流側に転送するカットスルー要求パケット処理手段と、

送信側エッジノードまで転送されたカットスルー要求パケットの空き資源情報に基づいて最適な光パスの配置を求め、その配置を光バス配置要求パケットにて対象となる送信側エッジノード、コアノード及び宛先側エッジノードのそれぞれに通知する光バス配置要求パケット処理手段と、

光バス配置要求パケットにて通知された配置に従って光スイッチを制御し、上位レイヤをカットスルーする光パスを設定し、その完了を送信側エッジノードに光バス設定完了通知パケットにて通知する光バス切替手段とを備えることを特徴とするノード制御装置。

【請求項 2】 光ネットワークシステムを構成するノード装置それぞれに設けられ、各ノード装置におけるパケット転送動作の制御に用いられるノード制御装置であって、

自身の制御するノード装置が、現処理対象である転送パケットに対する送信側エッジノードに当るか、コアノードに当るか、宛先側エッジノードに当るか判定するエッジ／コア判定手段と、

自身の制御するノード装置が送信側エッジノードに当るとき、その転送経路下流側に、自ノードの空き資源情報をカットスルー要求パケットとして通知し、自身の制御するノード装置がコアノードに当るとき、その転送経路上流側から受信された又は個別に生成したカットスルー要求パケットに、自ノードの空き資源情報を追加して転送経路下流側に転送するカットスルー要求パケット処理手段と、

宛先側エッジノードまで転送されたカットスルー要求パケットの空き資源情報に基づいて最適な光パスの配置を求め、その配置を光バス配置要求パケットにて対象となる送信側エッジノード、コアノード及び宛先側エッジノードのそれぞれに通知する光バス配置要求パケット処理手段と、

光バス配置要求パケットにて通知された配置に従って光スイッチを制御し、上位レイヤをカットスルーする光パスを設定し、その完了を送信側エッジノードに光バス設定完了通知パケットにて通知する光バス切替手段とを備えることを特徴とするノード制御装置。

【請求項 3】 光ネットワークシステムを構成するノード装置それぞれに設けられ、各ノード装置におけるパケット転送動作の制御に用いられるノード制御装置であって、

10 自身の制御するノード装置が、現処理対象である転送パケットに対する送信側エッジノードに当るか、コアノードに当るか、宛先側エッジノードに当るか判定するエッジ／コア判定手段と、

自身の制御するノード装置が宛先側エッジノードに当るとき、その転送経路上流側に、自ノードの空き資源情報をカットスルー設定パケットとして通知し、自身の制御するノード装置がコアノードに当るとき、その転送経路下流側から受信されたカットスルー設定パケットにて提示された空き資源によるカットスルーが可能か否か判断し、可能な場合にはその情報をカットスルー設定パケットに追加し、不可能な場合にはそれまでに設定されたカットスルーの情報と自ノードの空き資源情報を受信したカットスルー設定パケットに追加して転送経路上流側に転送するカットスルー設定パケット処理手段と、

20 上記カットスルー設定パケット処理手段にてカットスルーが可能と判断されたとき、光スイッチを制御して、カットスルーが可能と判断された資源に光パスを設定する光バス切替手段とを備えることを特徴とするノード制御装置。

30 【請求項 4】 光ネットワークシステムを構成するノード装置それぞれに設けられ、各ノード装置におけるパケット転送動作の制御に用いられるノード制御装置であって、

自身の制御するノード装置が、現処理対象である転送パケットに対する送信側エッジノードに当るか、コアノードに当るか、宛先側エッジノードに当るか判定するエッジ／コア判定手段と、

40 自身の制御するノード装置が送信側エッジノードに当るとき、その転送経路下流側に、自ノードの空き資源情報をカットスルー設定パケットとして通知し、自身の制御するノード装置がコアノードに当るとき、その転送経路上流側から受信されたカットスルー設定パケットにて提示された空き資源によるカットスルーが可能か否か判断し、可能な場合にはその情報をカットスルー設定パケットに追加し、不可能な場合にはそれまでに設定されたカットスルーの情報と自ノードの空き資源情報を受信したカットスルー設定パケットに追加して転送経路下流側に転送するカットスルー設定パケット処理手段と、

50 上記カットスルー設定パケット処理手段にてカットスルーが可能と判断されたとき、光スイッチを制御して、カ

3

ットスルーが可能と判断された資源に光パスを設定する光パス切替手段とを備えることを特徴とするノード制御装置。

【請求項 5】 請求項 1～4 のいずれかに記載のノード制御装置において、

光パスの設定から一定時間経過後、又は当該光パスの両端に位置するノード装置における通信パケット数の減少確認時に、強制的に光パスを開放する強制開放手段をさらに備えたことを特徴とするノード制御装置。

【請求項 6】 請求項 1～5 のいずれかに記載のノード制御装置において、

カットスルー要求パケットの送出又はカットスルー設定パケットの送出に先立って、カットスルーの必要性を判断し、必要と判断されたものについてのみ選択的にカットスルー光パスの設定を行うカットスルー光パス要／不要判断手段をさらに備えたことを特徴とするノード制御装置。

【請求項 7】 請求項 1～6 のいずれかに記載のノード制御装置において、カットスルー要求パケットの送出又はカットスルー設定パケットの送出に先立って、カットスルー光パスの設定される経路上のノード装置間にカットスルー光パスの設定後も情報チャネルが確保されるか否かを判断し、情報チャネルが確保される場合に限りカットスルー光パスの設定を行う情報チャネル確保手段をさらに備えたことを特徴とするノード制御装置。

【請求項 8】 上位レイヤのヘッダ情報に従って入力された転送パケットの出力先を決定するルータ部と、光ファイバから光信号を抽出し又は光ファイバに光信号を挿入し又は任意の入出力光ファイバ間に光パスを設定する光クロスコネクタ部と、受信した転送パケットの指示に従って又は自身の判断に基づいて、上記光クロスコネクタ部の方路を切り替える請求項 1～7 のいずれかに記載のノード制御装置とを備えることを特徴とするノード装置。

【請求項 9】 請求項 8 に記載のノード装置において、上記ルータ部から上記光クロスコネクタ部への出力のうち幾つかに宛先別バッファを接続すると共に、当該宛先別バッファから読み出されたパケットを上記光クロスコネクタ部の任意の入力ポートに接続可能なスイッチ部をさらに備えることを特徴とするノード装置。

【請求項 10】 請求項 9 に記載のノード装置において、上記ルータ部には、転送パケットの許容遅延量を判定し、許容遅延量が大きいパケットについてのみ上記宛先別バッファへの出力を認め、許容遅延量が小さいパケットについては直接的に上記光クロスコネクタ部に出力させる許容遅延認識機能手段をさらに備えることを特徴とするノード装置。

【請求項 11】 上位レイヤのヘッダ情報に従って入力された転送パケットの出力先を決定するルータ部と、

4

光ファイバから光信号を抽出し又は光ファイバに光信号を挿入し又は任意の入出力光ファイバ間に光パスを設定する光クロスコネクタ部と、

受信した転送パケットの指示に従って又は自身の判断に基づいて、上記光クロスコネクタ部の方路を切り替える請求項 1～6 のいずれかに記載のノード制御装置と、情報チャネル用に確保された固定波長の光信号を光ファイバから抽出し又は当該固定波長の光信号を光ファイバに挿入し、他のノード装置との情報信号の通信を可能とする情報チャネル用光パス抽出／挿入手段とを備えることを特徴とするノード装置。

【請求項 12】 上位レイヤのヘッダ情報に従って入力された転送パケットの出力先を決定するルータ部と、光ファイバから光信号を抽出し又は光ファイバに光信号を挿入し又は任意の入出力光ファイバ間に光パスを設定する光クロスコネクタ部と、受信した転送パケットの指示に従って又は自身の判断に基づいて、上記光クロスコネクタ部の方路を切り替える請求項 1～6 のいずれかに記載のノード制御装置と、ユーザデータ用の光パスに情報チャネル用のパイロットトーン信号を重畳し又はユーザデータ用の光パスから情報チャネル用のパイロットトーン信号を分離し、他のノード装置との情報信号の通信を可能とする情報チャネル用パイロットトーン信号重畳／受信手段とを備えることを特徴とするノード装置。

【請求項 13】 請求項 12 に記載のノード装置において、上記情報チャネル用のパイロットトーン信号を時分割多重方式にて伝送することを特徴とするノード装置。

【請求項 14】 請求項 8～13 のいずれかに記載のノード装置を複数配置して構成したことを特徴とする光ネットワークシステム。

【請求項 15】 光ネットワークシステム上における光パス設定方法であって、自ノードが収容する端末又はアクセス系ネットワークへのパケットの転送を確認した宛先側エッジノードが、送信側エッジノードに宛てて自ノードの空き資源情報を通知する工程と、送信側エッジノードが、宛先側エッジノード及びコアノードより通知された空き資源情報に基づいて転送経路上に設定すべき最適な光パスの配置を求める工程と、送信側エッジノード、コアノード及び宛先側エッジノードが、前工程で求められた光パスの配置に従い、転送経路上の全部又は一部をカットスルーする光パスを設定する工程とを備えることを特徴とする光パス設定方法。

【請求項 16】 光ネットワークシステム上における光パス設定方法であって、宛先へのパケットの転送を確認した送信側エッジノードが、宛先側エッジノードに宛てて自ノードの空き資源情報を通知する工程と、

5

宛先側エッジノードが、送信側エッジノード及びコアノードより通知された空き資源情報に基づいて転送経路上に設定すべき最適な光パスの配置を求める工程と、送信側エッジノード、コアノード及び宛先側エッジノードが、前工程で求められた光パスの配置に従い、転送経路上の全部又は一部をカットスルーする光パスを設定する工程とを備えることを特徴とする光パス設定方法。

【請求項 17】 光ネットワークシステム上における光パス設定方法であって、

自ノードが収容する端末又はアクセス系ネットワークへのパケットの転送を確認した宛先側エッジノードが、上流側である送信側エッジノードに宛てて自ノードの空き資源情報を送信する工程と、

上記空き資源情報を転送するコアノード及び送信側エッジノードが、それぞれ自ノードの下流側から受信された空き資源情報を基にカットスルー光パスの設定が可能な否か判断し、可能な場合は可能と判断された資源を用いてカットスルー光パスを設定すると共にその情報を上流側に通知し、不可能な場合はそれまでに設定されたカットスルーの情報と自ノードの空き資源情報を受信した空き資源情報に追加して上流側に転送する工程とを備えることを特徴とする光パス設定方法。

【請求項 18】 光ネットワークシステム上における光パス設定方法であって、

宛先へのパケットの転送を確認した送信側エッジノードが、下流側である送信側エッジノードに宛てて自ノードの空き資源情報を送信する工程と、

上記空き資源情報を転送するコアノード及び宛先側エッジノードが、それぞれ自ノードの上流側から受信された空き資源情報を基にカットスルー光パスの設定が可能な否か判断し、可能な場合は可能と判断された資源を用いてカットスルー光パスを設定すると共にその情報を下流側に通知し、不可能な場合はそれまでに設定されたカットスルーの情報と自ノードの空き資源情報を受信した空き資源情報に追加して下流側に転送する工程とを備えることを特徴とする光パス設定方法。

【請求項 19】 請求項 15～18 のいずれかに記載の光パス設定方法において、光パスの設定から一定時間経過後、又は当該光パスの両端に位置するノード装置における通信パケット数の減少確認時、強制的に光パスを開放することを特徴とする光パス設定方法。

【請求項 20】 請求項 15～19 のいずれかに記載の光パス設定方法において、カットスルー光パスの設定に先立って、カットスルーの必要性を判断し、必要と判断されたものについてのみ設定処理を継続することを特徴とする光パス設定方法。

【請求項 21】 請求項 15～20 のいずれかに記載の光パス設定方法において、カットスルー光パスの設定に先立って、カットスルー光パスの設定される経路上のノード装置間にカットスルー光パスの設定後も情報チャネ

6

ルが確保されるか否かを判断し、情報チャネルが確保される場合に限りカットスルー光パスの設定を行うことを特徴とする光パス設定方法。

【請求項 22】 請求項 15～21 のいずれかに記載の光パス設定方法において、設定後のカットスルー光パスには、宛先別バッファから読み出したパケットを流すことを特徴とする光パス設定方法。

【請求項 23】 請求項 22 に記載の光パス設定方法において、上記宛先別バッファには遅延許容量の大きいパケットのみを蓄積させることを特徴とする光パス設定方法。

【請求項 24】 請求項 15～23（請求項 21 を除く）のいずれかに記載の光パス設定方法において、カットスルー光パスの設定後、当該カットスルー光パスの設定されたノード装置間における情報通信を、情報チャネル用に確保された固定波長の光信号を用いて実現することを特徴とする光パス設定方法。

【請求項 25】 請求項 15～23（請求項 21 を除く）のいずれかに記載の光パス設定方法において、カットスルー光パスの設定後、当該カットスルー光パスの設定されたノード装置間における情報通信を、ユーザデータ用の光パスに情報チャネル用のパイロットトーン信号を重畳することにより実現することを特徴とする光パス設定方法。

【請求項 26】 請求項 25 に記載の光パス設定方法において、上記情報チャネル用のパイロットトーン信号を時分割多重方式にて伝送することを特徴とする光パス設定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ネットワークシステムの構築に好適なノード制御装置、ノード装置及び光パス設定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】図 2 に、光ネットワークシステムの形態例を示す。図 2 に示すように、光ネットワークシステムは、ルータに接続されたユーザ端末と、ルータと接続されると共に局間光ファイバを介して相互に接続された光クロスコネクタとで構成されている。ここで、光クロスコネクタは光信号の中継／挿入／抽出の実行と、必ずしも隣接しない 2 つのノード間で光信号のコネクション（すなわち、光パス）の設定とを行う装置である。

【0003】光クロスコネクタの中には、波長多重伝送技術を用いないものもあるが、近年の研究により、波長多重伝送技術によって 1 本の光ファイバに複数の光信号を通し、これを光パスの資源として活用することで大容量化を狙ったものが増えている。実際、図 2 の光クロスコネクタには、波長合分波器と光空間スイッチを用い、波長を異にする複数の光信号を多重できるものを用いられている。なお、図 2 に示すルータないし電子交換

機と光クロスコネクタとの間には、両者のインタフェース部（図示せず）が設けられている。このインタフェース部には、波長可変型の E/O（電気/光）変換装置や O/E（光/電気）変換装置が用いられている。

【0004】次に、かかる光ネットワークシステム上で実現されるパケットの伝送形態を説明する。まず、ユーザ端末から送出されたパケットは伝送路を介してルータへと伝送される。ルータは当該パケットのヘッダを解析し、宛先となる端末が接続されているルータ又は適切な中継ルータと自ルータとの間に設定されている光パス（光信号のコネクション）の入力インタフェースに宛ててパケットの転送を行う。かかる動作を必要に応じて繰り返すことにより、転送対象となったパケットは、宛先となるユーザ端末を収容するルータに到達し、当該ルータを介して宛先のユーザ端末へ伝送される。

【0005】なお、図中に示す光パスは、光クロスコネクタ（光ADM（Add/Drop Multiplexer））と光ファイバとを用いて設定される。また、光クロスコネクタとパケット交換機（ルータ、電子交換機等）との間には入出力インタフェースが設けられている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述の光ネットワークシステムにおける光パスは半固定的に設定されている。しかし最近では、この光パスをトラフィックに応じて動的に張り替える方法も模索されている。

【0007】本発明は、光パスをトラフィックに応じて動的に張り替える具体的な方法を示し、そのような方法を用いて構成したノード装置ならびに光ネットワークシステムを提案する。

【0008】

【課題を解決するための手段】（A）かかる課題を解決するため、本発明（請求項1）においては、光ネットワークシステムを構成するノード装置それぞれに設けられ、各ノード装置におけるパケット転送動作の制御に用いられるノード制御装置に、以下の手段を備えるようにする。すなわち、(1) 自身の制御するノード装置が、現処理対象である転送パケットに対する送信側エッジノードに当るか、コアノードに当るか、宛先側エッジノードに当るか判定するエッジ/コア判定手段と、(2) 自身の制御するノード装置が宛先側エッジノードに当るとき、その転送経路上流側に、自ノードの空き資源情報をカットスルー要求パケットとして通知し、自身の制御するノード装置がコアノードに当るとき、その転送経路下流側から受信された又は個別に生成したカットスルー要求パケットに、自ノードの空き資源情報を追加して転送経路上流側に転送するカットスルー要求パケット処理手段と、(3) 送信側エッジノードまで転送されたカットスルー要求パケットの空き資源情報に基づいて最適な光パスの配置を求め、その配置を光パス配置要求パケットにて対象となる送信側エッジノード、コアノード及び宛先側

エッジノードのそれぞれに通知する光パス配置要求パケット処理手段と、(4) 光パス配置要求パケットにて通知された配置に従って光スイッチを制御し、上位レイヤをカットスルーする光パスを設定し、その完了を送信側エッジノードに光パス設定完了通知パケットにて通知する光パス切替手段とを備えるようにする。このように本発明では、送信側エッジノードにて最適な光パスの配置が求められるため、宛先側エッジノードに負荷が掛かり過ぎないようにできる。

10 【0009】（B）また、本発明（請求項2）においては、光ネットワークシステムを構成するノード装置それぞれに設けられ、各ノード装置におけるパケット転送動作の制御に用いられるノード制御装置に、以下の手段を備えるようにする。すなわち、(1) 自身の制御するノード装置が、現処理対象である転送パケットに対する送信側エッジノードに当るか、コアノードに当るか、宛先側エッジノードに当るか判定するエッジ/コア判定手段と、(2) 自身の制御するノード装置が送信側エッジノードに当るとき、その転送経路下流側に、自ノードの空き資源情報をカットスルー要求パケットとして通知し、自身の制御するノード装置がコアノードに当るとき、その転送経路上流側から受信された又は個別に生成したカットスルー要求パケットに、自ノードの空き資源情報を追加して転送経路下流側に転送するカットスルー要求パケット処理手段と、(3) 宛先側エッジノードまで転送されたカットスルー要求パケットの空き資源情報に基づいて最適な光パスの配置を求め、その配置を光パス配置要求パケットにて対象となる送信側エッジノード、コアノード及び宛先側エッジノードのそれぞれに通知する光パス配置要求パケット処理手段と、(4) 光パス配置要求パ

30 ケットにて通知された配置に従って光スイッチを制御し、上位レイヤをカットスルーする光パスを設定し、その完了を送信側エッジノードに光パス設定完了通知パケットにて通知する光パス切替手段とを備えるようにする。このように本発明では、宛先側エッジノードにて最適な光パスの配置が求められるため、送信側エッジノードに負荷が掛かり過ぎないようにできる。

40 【0010】（C）また、本発明（請求項3）においては、光ネットワークシステムを構成するノード装置それぞれに設けられ、各ノード装置におけるパケット転送動作の制御に用いられるノード制御装置に、以下の手段を備えるようにする。すなわち、(1) 自身の制御するノード装置が、現処理対象である転送パケットに対する送信側エッジノードに当るか、コアノードに当るか、宛先側エッジノードに当るか判定するエッジ/コア判定手段と、(2) 自身の制御するノード装置が宛先側エッジノードに当るとき、その転送経路上流側に、自ノードの空き資源情報をカットスルー設定パケットとして通知し、自身の制御するノード装置がコアノードに当るとき、その転送経路下流側から受信されたカットスルー設定パケッ

トにて提示された空き資源によるカットスルーが可能か否か判断し、可能な場合にはその情報をカットスルー設定パケットに追加し、不可能な場合にはそれまでに設定されたカットスルーの情報と自ノードの空き資源情報を受信したカットスルー設定パケットに追加して転送経路上流側に転送するカットスルー設定パケット処理手段と、(3) カットスルー設定パケット処理手段にてカットスルーが可能と判断されたとき、光スイッチを制御して、カットスルーが可能と判断された資源に光バスを設定する光バス切替手段とを備えるようにする。このように本発明では、各ノード装置の空き資源情報が宛先側エッジノードから送信側エッジノードに転送される過程で、自律的にカットスルー光バスの設定の可能性が判断され、設定可能な場合には光バスの設定が行われるため、設定までに要する時間の短縮を実現できる。

【0011】(D) また、本発明(請求項4)においては、光ネットワークシステムを構成するノード装置それぞれに設けられ、各ノード装置におけるパケット転送動作の制御に用いられるノード制御装置に、以下の手段を備えるようにする。すなわち、(1) 自身の制御するノード装置が、現処理対象である転送パケットに対する送信側エッジノードに当るか、コアノードに当るか、宛先側エッジノードに当るか判定するエッジ/コア判定手段と、(2) 自身の制御するノード装置が送信側エッジノードに当るとき、その転送経路下流側に、自ノードの空き資源情報をカットスルー設定パケットとして通知し、自身の制御するノード装置がコアノードに当るとき、その転送経路上流側から受信されたカットスルー設定パケットにて提示された空き資源によるカットスルーが可能か否か判断し、可能な場合にはその情報をカットスルー設定パケットに追加し、不可能な場合にはそれまでに設定されたカットスルーの情報と自ノードの空き資源情報を受信したカットスルー設定パケットに追加して転送経路下流側に転送するカットスルー設定パケット処理手段と、(3) カットスルー設定パケット処理手段にてカットスルーが可能と判断されたとき、光スイッチを制御して、カットスルーが可能と判断された資源に光バスを設定する光バス切替手段とを備えるようにする。このように本発明では、各ノード装置の空き資源情報が送信側エッジノードから宛先側エッジノードに転送される過程で、自律的にカットスルー光バスの設定の可能性が判断され、設定可能な場合には光バスの設定が行われるため、設定までに要する時間の短縮を実現できる。

【0012】(E) なお、上述の各発明(請求項1~4)においては、光バスの設定から一定時間経過後、又は当該光バスの両端に位置するノード装置における通信パケット数の減少確認時に、強制的に光バスを開放する強制開放手段をさらに備えたことが望ましい。この機能により、資源が無駄に消費され続けるおそれを回避できる。

【0013】(F) また、上述の各発明(請求項1~5)においては、カットスルー要求パケットの送出又はカットスルー設定パケットの送出に先立って、カットスルーの必要性を判断し、必要と判断されたものについてのみ選択的にカットスルー光バスの設定を行うカットスルー光バス要/不要判断手段をさらに備えたことが望ましい。この機能により、例えば、少量のパケットしか転送されないものについてまでカットスルー光バスが設定されるおそれをなくし得、資源の無駄使いを回避できる。

【0014】(G) また、上述の各発明(請求項1~6)においては、カットスルー要求パケットの送出又はカットスルー設定パケットの送出に先立って、カットスルー光バスの設定される経路上のノード装置間にカットスルー光バスの設定後も情報チャネルが確保されるか否かを判断し、情報チャネルが確保される場合に限りカットスルー光バスの設定を行う情報チャネル確保手段をさらに備えることが望ましい。このように本発明では、情報チャネルが確保される場合にしかカットスルー光バスの設定が行われないため、カットスルー光バスの設定後に、当該光バス経路上のノード装置間における情報のやりとりができなくなるような事態を確実に回避できる。

【0015】(H) また、本発明(請求項8)においては、ノード装置に、(1) 上位レイヤのヘッダ情報に従って入力された転送パケットの出力先を決定するルータ部と、(2) 光ファイバから光信号を抽出し又は光ファイバに光信号を挿入し又は任意の入出力光ファイバ間に光バスを設定する光クロスコネクタ部と、(3) 受信した転送パケットの指示に従って又は自身の判断に基づいて、光クロスコネクタ部の方路を切り替える請求項1~7のいずれかに記載のノード制御装置を設ける。ノード装置をかかる構成とすることにより、本発明におけるノード装置では、カットスルー光バスの最適化、カットスルー光バスの設定時間の短縮、資源の有効活用、情報チャネルの確保などの効果を実現できる。

【0016】(I) また、上述の発明(請求項8)においては、ルータ部から光クロスコネクタ部への出力のうち幾つかに宛先別バッファを接続すると共に、当該宛先別バッファから読み出されたパケットを光クロスコネクタ部の任意の入力ポートに接続可能なスイッチ部をさらに備えることが望ましい。この構成により、カットスルー光バスを用いた通信効率の向上を実現できる。

【0017】(J) また、上述の発明(請求項9)においては、ルータ部には、転送パケットの許容遅延量を判定し、許容遅延量が大きいパケットについての宛先別バッファへの出力を認め、許容遅延量が小さいパケットについては直接的に光クロスコネクタ部に出力させる許容遅延認識機能手段をさらに備えることが望ましい。この構成により、リアルタイム系のパケットのように許容遅延時間の小さいパケットが誤って宛先別バッファに蓄

積される事態を回避でき、通信品質の劣化を有効に回避できる。

【0018】(K) また、本発明(請求項11)においては、ノード装置に、(1) 上位レイヤのヘッダ情報に従って入力された転送パケットの出力先を決定するルータ部と、(2) 光ファイバから光信号を抽出し又は光ファイバに光信号を挿入し又は任意の入出力光ファイバ間に光パスを設定する光クロスコネクタ部と、(3) 受信した転送パケットの指示に従って又は自身の判断に基づいて、光クロスコネクタ部の方路を切り替える請求項1~6のいずれかに記載のノード制御装置と、(4) 情報チャンネルに確保された固定波長の光信号を光ファイバから抽出し又は当該固定波長の光信号を光ファイバに挿入し、他のノード装置との情報信号の通信を可能とする情報チャンネル用光パス抽出/挿入手段を設けるようにする。ノード装置をかかると構成とすることにより、本発明におけるノード装置では、カットスルー光パスの最適化、カットスルー光パスの設定時間の短縮、資源の有効活用などの効果に加え、情報チャンネルの確保という効果を実現できる。

【0019】(L) また、本発明(請求項12)においては、ノード装置に、(1) 上位レイヤのヘッダ情報に従って入力された転送パケットの出力先を決定するルータ部と、(2) 光ファイバから光信号を抽出し又は光ファイバに光信号を挿入し又は任意の入出力光ファイバ間に光パスを設定する光クロスコネクタ部と、(3) 受信した転送パケットの指示に従って又は自身の判断に基づいて、光クロスコネクタ部の方路を切り替える請求項1~6のいずれかに記載のノード制御装置と、(4) ユーザデータ用の光パスに情報チャンネル用のパイロットトーン信号を重畳し又はユーザデータ用の光パスから情報チャンネル用のパイロットトーン信号を分離し、他のノード装置との情報信号の通信を可能とする情報チャンネル用パイロットトーン信号重畳/受信手段を設けるようにする。ノード装置をかかると構成とすることにより、本発明におけるノード装置では、カットスルー光パスの最適化、カットスルー光パスの設定時間の短縮、資源の有効活用などの効果に加え、情報チャンネルの確保という効果を実現できる。

【0020】(M) なお、上述の発明(請求項12)においては、情報チャンネル用のパイロットトーン信号を時分割多重方式にて伝送することが望ましい。これにより、パイロットトーンの衝突の可能性をなくすることができる。

【0021】(N) また、本発明(請求項14)においては、光ネットワークシステムを、請求項8~13のいずれかに記載のノード装置を複数配置して構成することにより、カットスルー光パスの最適化、カットスルー光パスの設定時間の短縮、資源の有効活用、情報チャンネルの確保などの効果を実現できる光ネットワークシステム

を得ることができる。

【0022】(O) また、本発明(請求項15)においては、光ネットワークシステム上における光パス設定方法として、(1) 自ノードが収容する端末又はアクセス系ネットワークへのパケットの転送を確認した宛先側エッジノードが、送信側エッジノードに宛てて自ノードの空き資源情報を通知する工程と、(2) 送信側エッジノードが、宛先側エッジノード及びコアノードより通知された空き資源情報に基づいて転送経路上に設定すべき最適な光パスの配置を求める工程と、(3) 送信側エッジノード、コアノード及び宛先側エッジノードが、前工程で求められた光パスの配置に従い、転送経路上の全部又は一部をカットスルーする光パスを設定する工程を備えるものを採用する。これにより、宛先側エッジノードに負荷が掛かり過ぎない光パス設定方法を提案できる。

【0023】(P) また、本発明(請求項16)においては、光ネットワークシステム上における光パス設定方法として、(1) 宛先へのパケットの転送を確認した送信側エッジノードが、宛先側エッジノードに宛てて自ノードの空き資源情報を通知する工程と、(2) 宛先側エッジノードが、送信側エッジノード及びコアノードより通知された空き資源情報に基づいて転送経路上に設定すべき最適な光パスの配置を求める工程と、(3) 送信側エッジノード、コアノード及び宛先側エッジノードが、前工程で求められた光パスの配置に従い、転送経路上の全部又は一部をカットスルーする光パスを設定する工程を備えるものを採用する。これにより、送信側エッジノードに負荷が掛かり過ぎない光パス設定方法を提案できる。

【0024】(Q) また、本発明(請求項17)においては、光ネットワークシステム上における光パス設定方法として、(1) 自ノードが収容する端末又はアクセス系ネットワークへのパケットの転送を確認した宛先側エッジノードが、上流側である送信側エッジノードに宛てて自ノードの空き資源情報を送信する工程と、(2) 空き資源情報を転送するコアノード及び送信側エッジノードが、それぞれ自ノードの下流側から受信された空き資源情報を基にカットスルー光パスの設定が可能な否かを判断し、可能な場合は可能と判断された資源を用いてカットスルー光パスを設定すると共にその情報を上流側に通知し、不可能な場合はそれまでに設定されたカットスルーの情報と自ノードの空き資源情報を受信した空き資源情報に追加して上流側に転送する工程を備えるものを採用する。このように本発明では、各ノード装置の空き資源情報が宛先側エッジノードから送信側エッジノードに転送される過程で、自律的にカットスルー光パスの設定の可能性が判断され、設定可能な場合には光パスの設定が行われるため、設定までに要する時間の短縮を実現できる。

【0025】(R) また、本発明(請求項18)においては、光ネットワークシステム上における光パス設定方

法として、(1)宛先へのパケットの転送を確認した送信側エッジノードが、下流側である送信側エッジノードに宛てて自ノードの空き資源情報を送信する工程と、(2)空き資源情報を転送するコアノード及び宛先側エッジノードが、それぞれ自ノードの上流側から受信された空き資源情報を基にカットスルー光パスの設定が可能な否か判断し、可能な場合は可能と判断された資源を用いてカットスルー光パスを設定すると共にその情報を下流側に通知し、不可能な場合はそれまでに設定されたカットスルーの情報と自ノードの空き資源情報を受信した空き資源情報に追加して下流側に転送する工程を備えるものを採用する。このように本発明では、各ノード装置の空き資源情報が送信側エッジノードから宛先側エッジノードに転送される過程で、自律的にカットスルー光パスの設定の可能性が判断され、設定可能な場合には光パスの設定が行われるため、設定までに要する時間の短縮を実現できる。

【0026】(S) また、上述の各発明(請求項15～18)においては、光パスの設定から一定時間経過後、又は当該光パスの両端に位置するノード装置における通信パケット数の減少確認時、強制的に光パスを開放することが望ましい。

【0027】(T) また、上述の各発明(請求項15～19)においては、カットスルー光パスの設定に先立って、カットスルーの必要性を判断し、必要と判断されたものについてのみ設定処理を継続することが望ましい。この機能により、例えば、少量のパケットしか転送されないものについてまでカットスルー光パスが設定されるおそれをなくし得、資源の無駄使いを回避できる。

【0028】(U) また、上述の各発明(請求項15～20)においては、カットスルー光パスの設定に先立って、カットスルー光パスの設定される経路上のノード装置間にカットスルー光パスの設定後も情報チャンネルが確保されるか否かを判断し、情報チャンネルが確保される場合に限りカットスルー光パスの設定を行うことが望ましい。このように本発明では、情報チャンネルが確保される場合にしかカットスルー光パスの設定が行われないため、カットスルー光パスの設定後に、当該光パス経路上のノード装置間における情報のやりとりができなくなるような事態を確実に回避できる。

【0029】(V) また、上述の各発明(請求項15～21)においては、設定後のカットスルー光パスには、宛先別バッファから読み出したパケットを流すことが望ましい。これにより、カットスルー光パスを用いた通信効率の向上を実現できる。

【0030】(W) また、上述の発明(請求項22)においては、宛先別バッファには遅延許容量の大きいパケットのみを蓄積させることが望ましい。これにより、リアルタイム系のパケットのように許容遅延時間の小さいパケットが誤って宛先別バッファに蓄積される事態を回

避でき、通信品質の劣化を有効に回避できる。

【0031】(X) また、上述の各発明(請求項15～23(請求項21を除く))においては、カットスルー光パスの設定後、当該カットスルー光パスの設定されたノード装置間における情報通信を、情報チャンネル用に確保された固定波長の光信号を用いて実現することが望ましい。これにより、カットスルー光パスの設定後も常に、情報チャンネルを確保できる。

【0032】(Y) また、上述の各発明(請求項15～23(請求項21を除く))においては、カットスルー光パスの設定後、当該カットスルー光パスの設定されたノード装置間における情報通信を、ユーザデータ用の光パスに情報チャンネル用のパイロットトーン信号を重畳することにより実現することが望ましい。このようにしても、これにより、カットスルー光パスの設定後も常に、情報チャンネルを確保できる。

【0033】(Z) また、上述の発明(請求項25)においては、情報チャンネル用のパイロットトーン信号を時分割多重方式にて伝送することが望ましい。これにより、パイロットトーンの衝突の可能性をなくすることができる。

【0034】

【発明の実施の形態】 (A) 光ネットワークシステムの構成

図3に、請求項に係る光ネットワークシステムの一実施形態例を示す。図3に示すように、この光ネットワークシステムは、1つ又は複数の端末1を接続するノード装置2と、それらノード装置2を相互に接続する光ファイバ3とで構成されてなる。因みに、図3では、光ネットワークが網目状に構成される場合を表しているが、ループ状その他の形状に光ネットワークを構成することも可能である。

【0035】さて、この光ネットワークシステムでは、ノード装置2として、いずれも後述する各実施形態例に係るものが用いられる。すなわち、ノード装置2には、ルータ部2Aと、ノード装置全体の動作を制御するノード制御機能部2Bと、光クロスコネクタ部2Cとの3つの機能部から構成されるものが使用される。

【0036】ここで、これら3つの機能部は、必ずしも単一の筐体内に設けられている必要はなく、機能部ごとに別々の筐体内に設けられる場合も考えられる。もっとも、以下の説明では、これら3つの機能部の連携動作によって実現される光パス設定機能を実現する装置を「ノード装置」と呼ぶ。

【0037】また、以下の説明では、本願明細書に特有のノード装置と一般に使用されているノード装置との区別が必要とされる場合、本願明細書に特有な構成のノード装置をIP(Internet Protocol)ノード装置又は光マルチレイヤスイッチノードと呼ぶことにする。

【0038】以下、請求項に係るノード装置(ノード制

御装置、光パス設定方法)を、IP/光マルチレイヤスイッチノードとして実現する場合についての各種の実施形態例を順に説明する。

【0039】(B)第1の実施形態例

(B-1)機能構成

図1に、第1の実施形態例に係るノード装置の機能構成を示す。図に示すように、また前述の説明に示したように、ノード装置2は、ルータ部2Aと、ノード制御機能部2Bと、光クロスコネクタ部2Cとで構成されている。

【0040】ルータ部2Aは、入力されたパケット信号からヘッダ部分を読み出し、当該ヘッダ部分に記述されている宛先に従って出力先を決定する機能を持つ。ここでの宛先は、他のノード装置や自に接続された端末やアクセス系ネットワークだけでなく、ノード装置自身の場合もある。他に、ルータ部2Aは、転送したパケットの情報をノード制御機能部2Bに通知する機能を持つ。

【0041】ノード制御機能部2Bは、受信したパケットの指示に基づいて又は自身の判断により自律的に光クロスコネクタ部2Cの方路を切替える機能を持つ。なお、このノード制御機能部2B(請求項のノード制御装置に相当)が、本実施形態例に係るノード装置の主要部を構成する。

【0042】光クロスコネクタ部2Cは、光信号を光ファイバ網に挿入し又は光信号を光ファイバ網から抽出することにより、他のノード装置より入力された光信号を任意の出力光ファイバに導き、物理的には必ずしも隣接しない2つのノード装置間に光パスを設定する機能を持つ。

【0043】(B-2)ノード制御機能部2Bの構成この実施形態例に係るノード制御機能部2Bは、更に、以下に示す6つの機能部から構成されている。

【0044】エッジ/コア判別部2B1

カットスルー要求パケット処理部2B2

光パス配置要求パケット処理部2B3

光パス切替部2B4

ルータ制御部2B5

【0045】(B-2-1)エッジ/コア判別部2B1エッジ/コア判別部2B1は、各ノード装置が、光ネットワークシステム上における自身の位置づけを判別するための機能部である。エッジ/コア判別部2B1は具体的には、自身が送信側エッジノードであるか、コアノードであるか、あるいは宛先側エッジノードであるかを判別する。これらの区別は、本発明のIP/光マルチレイヤスイッチノード(本ノード)装置と、この本ノードに入力されるパケットとの関係によって決まる。本発明では、送信側エッジノード、コアノード、宛先側エッジノードとは、以下のように定義される。

【0046】送信側エッジノード：ある転送パケットが本ノード装置に入力される際、そのパケットの入力元の

ノードが本発明のIP/光マルチレイヤスイッチノードでない場合、そのパケットにとって、本ノード装置は送信側エッジノードである。

【0047】コアノード：ある転送パケットが本ノード装置に入力される際、そのパケットの入力元のノードと、そのパケットが次に転送される宛先ノードと双方が本発明のIP/光マルチレイヤスイッチノードである場合、そのパケットにとって、本ノード装置はコアノードである。

10 【0048】宛先側エッジノード：ある転送パケットが本ノード装置に入力される際、そのパケットが次に転送される宛先ノードが本発明のIP/光マルチレイヤスイッチノードでない場合、そのパケットにとって、本ノード装置は宛先側エッジノードである。

【0049】このように、本発明のIP/光マルチレイヤスイッチノード装置が送信側エッジノードであるか、コアノードであるか、宛先側エッジノードであるかは、本ノード装置と、それに入力されるパケットとの関係によって決まる。したがって、あるIP/光マルチレイヤスイッチノードが、たとえばあるパケットとの関係では送信側エッジノードとして定義され、同時に別のパケットとの関係ではコアノードとして定義されることがあり得る。

【0050】エッジ/コア判別部2B1は、以上のような基準で、自身がいずれのノードとして定義されるかを判別する。

【0051】(B-2-2)カットスルー要求パケット処理部2B2

30 カットスルー要求パケット処理部2B2は、カットスルー光パスの設定に必要な帯域情報の収集を目的とした機能部である。当該機能部は、前述のエッジ/コア判別部2B1の判別結果に応じ、以下の動作を行う。

【0052】まず、自身が宛先側エッジノードであると判別された場合、カットスルー要求パケット処理部2B2は、自ノードの1つ上流(送信元側)に位置するノード装置に対し、自身を通過したパケットの存在と自身の空き資源情報(波長など)とをカットスルー要求パケットとして通知する。

40 【0053】一方、カットスルー要求パケットの受信が確認された場合であって、自身がエッジ/コア判別部2B1により当該パケットに対するコアノードであると判別されたとき、カットスルー要求パケット処理部2B2は、受信したカットスルー要求パケットに、自身の空き資源情報を付加して上流側のノード装置に転送する。

【0054】(B-2-3)光パス配置要求パケット処理部2B3

50 光パス配置要求パケット処理部2B3は、収集した空き資源情報に基づくカットスルー光パスの配置の決定と、当該配置に基づくカットスルー光パスの設定の要求とを目的とした機能部である。当該機能部は、前述のエッジ

／コア判別部 2 B 1 の判別結果に応じ、以下の動作を行う。

【0055】まず、カットスルー要求パケットの受信が確認された場合であって、自身がエッジ／コア判別部 2 B 1 により当該パケットに対する送信側エッジノードであると判別されたとき、光パス配置要求パケット処理部 2 B 3 は、当該パケットに書き込まれている空き資源情報等に基づいて最適な光パスの配置を計算し（又は、ルックアップテーブルを基に最適な光パスの配置を決定し）、その結果に基づくカットスルー光パスの設定要求を、自身とコアノードと宛先側エッジノードに通知する。この通知には、光パス配置要求パケットが用いられる。

【0056】なお、本願明細書では、前述の「カットスルー要求パケット」と「光パス配置要求パケット」との 2 つを合せて「光パス制御パケット」ともいう。

【0057】（B-2-4）光パス切替部 2 B 4

光パス切替部 2 B 4 は、ノード装置 2 が、受信した光パス配置要求パケットの指示に従い、実際にカットスルー光パスの設定を行う機能部である。

【0058】光パス切替部 2 B 4 は、光パス配置要求パケットの受信が確認されると、当該パケットの指示内容に従って光クロスコネクタ部 2 C を制御し、自ノード内にカットスルー光パスを設定する。また、光パス切替部 2 B 4 は、カットスルー光パスの設定が完了すると、光パス設定完了通知パケットを送信し、その完了を送信側エッジノードに通知する。

【0059】（B-2-5）ルータ制御部 2 B 5

ルータ制御部 2 B 5 は、ルータ部 2 A にカットスルー光パスの設定完了を通知し、以後一連のパケットをカットスルー光パスを通じて転送すべきことを命じる機能部である。

【0060】なお、ルータ制御部 2 B 5 は、新たに設定したカットスルー光パスを、設定から一定時間の経過後に、又はカットスルー光パスの両端に位置するノード装置における通信パケット数の減少（閾値に対する）などイベント発生時に開放することができるようになっている。ここでの開放は、物理的な開放であっても良いし、とりあえず設定状態ではあるが、新たな光パス設定要求があった際に余剰資源とみなされ、設定が変更されるという論理的な開放状態のどちらでも良い。

【0061】因みに、カットスルーパスの両端に位置するノード装置における通信パケット数の減少は、各ノード装置間に設けられている通信専用線（光パス又は電線）又は各ノード装置間に張られている他の光パスを数ホップ経由する等して通知されるものとする。

【0062】（B-3）光パス設定動作

続いて、上述の機能構成を有するノード装置（ノード制御装置、光パス設定方法）による光パスの設定動作について説明する。図 4 に、光ネットワーク上にカットスルー

一用の光パスが設定されてゆく様子を示す。なお、図では、ノード装置 2 を略図化して表している。また、図では、左端をパス経路上の上流側とし、右端をパス経路上の下流側とする。すなわち、図中左端のノード装置 2 は送信側エッジノードとして動作し、図中右端のノード装置 2 は宛先側エッジノードとして動作し、その中間に位置する 2 つのノード装置 2 がコアノードとして動作する。

【0063】（1）ユーザパケットの転送

まず、最初のステップは、図 4（A）に示すように、ある宛先に対する最初のパケットがある端末（又はアクセス系の網）からそれを収容するノード装置 2（図中左端の送信側エッジノード）に到着したことにより開始される。

【0064】このとき、当該ノード装置 2（すなわち、送信側エッジノード）は、自身のルータ部 2 A に現在設定されている光パス及びルーティングテーブルに従い、次の転送先となるノード装置 2 に当該パケットを転送する。

【0065】当該最初のパケットの転送を受けたノード装置 2 についても同様に、そのノード装置が宛先側エッジノードでない限り（すなわち、コアノード）、次の転送先となるノード装置 2 に当該パケットを転送する。やがて、当該最初のパケットは、宛先となる端末（又はアクセス系の網）を収容するノード装置 2（すなわち、宛先側エッジノード）に転送され、そのルータ部 2 A を介して宛先へと転送される。

【0066】なお、以上の転送動作には、ノード制御機能部 2 B が介在することではなく、ルータ部 2 A のルーティング機能により転送が行われる。図 4（A）に矢印で表したパケットの流れはこのことを表している。

【0067】（2）カットスルー要求パケットの転送

次のステップは、宛先側エッジノードから開始される。なお、各ノード装置 2 のルータ部 2 A には、ユーザパケットの宛先が自身の端末（又はアクセス系の網）に当たるとき、当該パケットの転送と共にノード制御機能部 2 B にも転送する機能が備えられている（図 4（A）の矢印（破線））。

【0068】ノード制御機能部 2 B は、ユーザパケットを受け取ると、エッジ／コア判別部 2 B 1 によって自身が宛先側エッジノードであることを確認した上でカットスルー要求パケット処理部 2 B 2 を起動し、空き資源情報（波長など）等をカットスルー要求パケットとして上流側に送信する（図 4（B））。

【0069】カットスルー要求パケットは、上流側のノード装置（コアノード）に転送されると、そのルータ部 2 A によってルーティングされ、ノード制御機能部 2 B に与えられる。コアノードのノード制御機能部 2 B も、宛先側エッジノードのノード制御機能部 2 B と同様に、まず、エッジ／コア判別部 2 B 1 で自身の光ネットワー

クシステム上での位置を確認した上でカットスルー要求パケット処理部 2 B 2 を起動し、自身の空き資源情報（波長など）等をカットスルー要求パケットに付加して転送する。この動作が繰り返し実行される。

【0070】（3）光パス配置要求パケットの転送
カットスルー要求パケットは、やがて送信側エッジノードに到達する。当該ノードは、カットスルー要求パケットの受信後、自身が送信側エッジノードであることを確認すると、光パス配置要求パケット処理部 2 B 3 を起動し、カットスルー要求パケットに記載されている情報（現に設定されている経路上のノード情報及び空き資源情報等）に基づいて最適な光パスの配置を計算する。

【0071】最適な光パスの配置が決定すると、光パス配置要求パケット処理部 2 B 3 は、自身を含めた経路上の各ノード装置 2 に光パス配置要求パケットを送信し、計算結果を通知する。このパケットは、図 4（C）に示すように、下流側へ順次転送される。

【0072】なお、光パス配置要求パケットの転送時、当該パケットの宛先の一つに自身が含まれているノード（コアノード）では、ノード制御機能部 2 B に当該パケットが引き込まれ、光パス配置要求パケット処理部 2 B 3 が起動される。そして、光パス配置要求パケット処理部 2 B 3 によってカットスルー光パスを設定すべき配置が確認される。

【0073】（4）光パス設定完了通知パケットの転送
各ノードでは、光パス配置要求パケット処理部 2 B 3 による光パスの配置の確認後、光パス切替部 2 B 4 によって、実際に、光クロスコネクタ部 2 C の切り替えが実行される。すなわち、ルータ部 2 A をカットスルーする光パス（ルータ部 2 A を経由しない通信パス）を光クロスコネクタ部 2 C に設定する。

【0074】なお、光パスの設定の完了は、図 4（D）に示すように、宛先側エッジノードから送信された光パス設定完了通知パケットに、各コアノードが自身での光パスの設定完了を情報として付加／転送することで送信側エッジノードに通知される。

【0075】（5）ユーザパケットの転送
この後、ノード機能部 2 B のルータ制御部 2 B 5 によって、ルータ部 2 A へカットスルー光パスの設定完了が通知され、以後一連のパケットの転送にはカットスルー光パスを用いることが命じられる。

【0076】図 4（E）に、カットスルー光パス配置後の様子を示す。図に示すように、コアノードの部分に、ルータ部 2 A を通過しない光パスが設定されている。以後、ユーザパケットは、当該カットスルー光パスを通じて行われる。

【0077】ところで、上述の実施形態例において、送信側エッジノードのノード制御機能部 2 B は、最適な光パスの配置計算時、送信側エッジノードから宛先側エッジノードに至る経路上でのルータ部 2 A による中継ホッ

プ数になるべく少なくなるように、つまり、光クロスコネクタ部 2 C 内で中継されてルータ部 2 A をカットスルーするように光パスを設定するように光パスの配置の計算を行う。

【0078】しかし、このことは、必ずしも送信側エッジノードから宛先側エッジノードまでの経路上に位置するコアノードのルータ部 2 A を一切介することなく 1 ホップで光パスが設定されなければならないことを意味するものではない。

10 【0079】なぜなら、1 つでもルータ部 2 A におけるパケットフォワーディング処理が削減されれば、それだけでも、ルータ部 2 A に掛かる負荷が削減され、スループットの向上と遅延時間の削減が達成されるからである。

【0080】また、必ずしもカットスルー数を最大にしなくても、光ネットワークシステム全体でのスループットが向上したり、遅延時間が小さくなるなど、別の有効な指標があれば、それも基づいて光パスを設定することも可能である。

20 【0081】なお、カットスルー光パスによる転送の求められているユーザパケットの取り扱い方法としては、カットスルー光パスが新たに設定されるまでノード装置内で待機させる方法の他、カットスルー光パスが新たに設定されるまでは古い既存の経路を介して転送し、設定後に経路を切り替えるなどの方法が考えられる。

30 【0082】また、上述の説明では、カットスルー要求パケット処理部 2 B 2 が、自身に対して下流側からカットスルー要求パケットを受信した場合に、当該パケットに自身の情報を加えて上流側に転送するものとしているが、必ずしも下流からのパケットを待たず、直接、送信側エッジノードにカットスルー要求パケットを送信する構成としても良い。

【0083】また、上述の説明では、カットスルー要求パケットを受け取った送信側エッジノードが光パス配置要求パケットを送出するとしたが、必ずしも送信側エッジノードでなければならないわけではない。

【0084】（B-4）実施形態例の効果

上述のように、本実施形態例に係る機能構成を有するノード装置（ノード制御装置、光パス設定方法）を光ネットワークシステム上に配置することにより、I P レイヤ（第 3 階層）をカットスルーさせることが可能となり、ルータ部 2 A に掛かる負荷を従来システムに比して各段に削減することができる。かくして、パケット伝送におけるスループットの向上や遅延時間の削減を実現できる。従って、当該光ネットワークシステムを、例えばインターネット・サービスに利用すれば、ユーザはレスポンスが速くなる等の恩恵をこうむることができる。

【0085】（C）第 2 の実施形態例

（C-1）機能構成

50 続いて、第 2 の実施形態例を、図 5 を用いて説明する。

この第2の実施形態例は、前述の第1の実施形態例に係るノード装置の変形例に相当するものであり、基本的な機能部2A～2Cの構成並びにノード制御機能部2Bを構成する各部2B1～2B5の構成は、図に示すように第1の実施形態例の場合と基本的に同じである。

【0086】相違点は、カットスルー光パスの設定に関連して光パス制御パケット（カットスルー要求パケット及び光パス配置要求パケット）の転送方向が、この第2の実施形態例の場合、第1の実施形態例と逆向きになる点である。

【0087】このことは、本実施形態例でカットスルー用の光パスが設定される様子を表した図6と、第1の実施形態例でカットスルー用の光パスが設定される様子を表した図4とを対比することにより分かる。各図に示すように、図6（B）～（C）の転送方向とがそれぞれ、図4（B）～（C）の転送方向の逆向きになっている。これが、本実施形態例に係るノード装置2を配置して光ネットワークシステムを構築する場合の最大の違いである。

【0088】（C-2）ノード制御機能部2Bの構成以下、当該光パス制御パケットの転送方向の違いを生じさせるノード制御機能部2Bの構成について説明する。なおここでは、第1の実施形態例の場合と同じ機能部については図1と同一符号を付して示し、変更の生じている機能部については対応する符号を付して表すことにする。

【0089】すると、本実施形態例に係るノード装置2を構成するノード制御機能部2Bは、以下に示す5つの機能部から構成されている表すことができる。

【0090】 エッジ／コア判別部2B1
 カットスルー要求パケット処理部2B2'
 光パス配置要求パケット処理部2B3'
 光パス切替部2B4
 ルータ制御部2B5

【0091】以下、第1の実施形態例と機能を異にする3つの機能部2B2'、2B3'について説明する。ただし、第1の実施形態例との実質的な変更点は、カットスルー光パスの設定に関連するパケットの転送方向が逆向きに進行する点だけである。

【0092】（C-2-1）カットスルー要求パケット処理部2B2'

この実施形態例におけるカットスルー要求パケット処理部2B2'の場合も、カットスルー光パスの設定に必要な帯域情報の収集を目的とする点では同じである。

【0093】このカットスルー要求パケット処理部2B2'は、自身が送信側エッジノードであると判別された場合、自ノードの1つ下流（宛先側）に位置するノード装置に対し、自身を通過したパケットの存在と自身の空き資源情報（波長など）とをカットスルー要求パケットとして通知する。

【0094】一方、カットスルー要求パケットの受信が確認された場合であって、自身がエッジ／コア判別部2B1により当該パケットに対するコアノードであると判別されたとき、カットスルー要求パケット処理部2B2は、受信したカットスルー要求パケットに、自身の空き資源情報を付加して下流側のノード装置に転送する。

（C-2-2）光パス配置要求パケット処理部2B3' この実施形態例における光パス配置要求パケット処理部2B3'の場合も、収集した空き資源情報に基づくカットスルー光パスの配置の決定と、当該配置に基づくカットスルー光パスの設定の要求とを目的とする点で同じである。

【0095】例えば、カットスルー要求パケットの受信が確認された場合であって、自身がエッジ／コア判別部2B1により当該パケットに対する宛先側エッジノードであると判別されたとき、光パス配置要求パケット処理部2B3'は、当該パケットに書き込まれている空き資源情報等に基づいて最適な光パスの配置を計算し、その結果に基づくカットスルー光パスの設定要求を、自身とコアノードと送信側エッジノードに通知する。この通知には、光パス配置要求パケットが用いられる。

【0096】（C-3）光パス設定動作 以上のように、各機能部で実行される機能の内容は基本的に第1の実施形態例と変わるところはなく、違いは専ら、その動作に関連するパケットの受信方向又は送出方向だけである。

【0097】従って、当該関連パケットの転送方向を除き、本実施形態例における光パス設定動作は第1の実施形態例の場合と同様に進行し、新たにコアノードをカットスルーするカットスルー光パケットが設定された後は、その経路を用いてスループットが高くかつ遅延時間の少ない転送が実現される（図6（E））。

【0098】（C-4）実施形態例の効果

上述のように、本実施形態例に係る機能構成を有するノード装置（ノード制御装置、光パス設定方法）の場合にも、第1の実施形態例と同様の効果、すなわち、光レイヤ（第2階層）上でのカットスルーによりルータ部2Aに掛かる負荷を従来システムに比して各段に削減することができ、パケット伝送におけるスループットの向上や遅延時間の削減を実現できる。そして、当該光ネットワークシステムを、例えばインターネット・サービスに利用すれば、ユーザはレスポンスが速くなる等の恩恵をこうむることができる。

【0099】なお、カットスルーに使用する光波長や設定区間の判断を送信側エッジノードで行う第1の実施形態例では、次の（1）のような場合に有利となり得るが、次の（2）のような場合には本実施形態例の方が第1の実施形態例よりも有利となる。

【0100】（1）パケットの流量に関して、どの送信側エッジノードから光ネットワークシステムに流れ込む

10

20

30

40

50

パケット量も同じくらいで、パケットの行き先がある宛先側エッジノードに負荷が集中している場合（理由：光波長や設定区間の設定を負荷の集中していない送信側エッジノードで分散的に処理できるため。）

（２）光ネットワークシステムにパケットを流入させるノードがある特定の送信側エッジノードに集中している場合（理由：光波長や設定区間の設定を負荷の集中していない宛先側エッジノードで分散的に処理できるため。）

（Ｄ）第３の実施形態例

（Ｄ－１）機能構成

続いて、第３の実施形態例を、図７を用いて説明する。この第３の実施形態例においては、前述の第１及び第２の実施形態例に係るノード装置よりも高速に、カットスルー用の光パスを設定できるノード装置について説明する。なお、このノード装置２においても、その基本的な機能構成が、ルータ部２Ａ、ノード制御機能部２Ｂ及び光クロスコネクタ２Ｃである点は、第１の実施形態例の場合と同様である。

【０１０１】相違点は、ノード制御機能部２Ｂを構成する機能部の内容である。従って、以下においては、ノード制御機能部２Ｂの構成上の違いを中心に説明する。

【０１０２】（Ｄ－２）ノード制御機能部２Ｂの構成
この実施形態例に係るノード制御機能部２Ｂは、以下に示す４つの機能部から構成されている。なおここでは、第１の実施形態例の場合と同じ機能部については図１と同一符号を付して示し、変更の生じている機能部については対応する符号を付して表すことにする。

【０１０３】 エッジ／コア判別部２Ｂ１

カットスルー設定パケット処理部２Ｂ６

光パス切替部２Ｂ４’

ルータ制御部２Ｂ５

【０１０４】以下、これら４つの機能部２Ｂ１、２Ｂ６、２Ｂ４’、２Ｂ５について説明する。ただし、同一符号を付して表しているように、エッジ／コア判別部２Ｂ１及びルータ制御部２Ｂ５については第１の実施形態例の場合と同一であるので、その説明については省略する。

【０１０５】（Ｄ－２－１）カットスルー設定パケット処理部２Ｂ６

本実施形態例に特有の構成であるカットスルー設定パケット処理部２Ｂ６は、下流側から提示された光波長資源を用いた自律的なカットスルー光パスの設定と、自身の空き資源情報（波長など）の上流側への通知とをカットスルー設定パケットの転送とを行う機能部である。

【０１０６】ここで、下流側から提示された光波長資源を用いてカットスルーの設定が可能な場合、カットスルー設定パケット送信部２Ｂ６は、受信したカットスルー設定パケットに、設定されるカットスルー光パスの情報を追加して更に上流側のノード装置に転送する。

【０１０７】これに対し、下流側から提示された光波長資源を用いてカットスルーを設定できない場合、カットスルー設定パケット送信部２Ｂ６は、これまでに設定されたカットスルーの情報と、自ノードにおける空き資源情報を合わせて更に上流側のノード装置に転送する。

【０１０８】なお、ノード装置２が宛先側エッジノードに該当する場合には、自ノードを通過したパケットの存在を確認したカットスルー設定パケット送信部２Ｂ６によって、当該通過パケットの存在と自ノードの空き資源情報（波長など）とが上流ノード側にカットスルー設定パケットとして通知される。

【０１０９】（Ｄ－２－２）光パス切替部２Ｂ４’

光パス切替部２Ｂ４’は、カットスルー設定パケット処理部２Ｂ６がカットスルー光パスの設定が可能であると判断した資源に対し、実際にカットスルー光パスの設定を行う機能部である。光パス切替部２Ｂ４は、光クロスコネクタ部２Ｃを制御し、自ノード内にカットスルー光パスの設定を行う。

【０１１０】（Ｄ－３）光パス設定動作

20 続いて、上述の機能構成を有するノード装置（ノード制御装置、光パス設定方法）による光パスの設定動作について説明する。図８に、光ネットワーク上にカットスルー用の光パスが設定されてゆく様子を示す。

【０１１１】図８を見て分かるように、本実施形態例の場合には、上述の実施形態例に比して光パスの設定されるまでの時間の短縮が図られている。これは、上述の実施形態例の場合のように、予め通信系路上にある全てのノード装置の空き資源情報を宛先側（第１の実施形態例）又は送信側（第２の実施形態例）いずれか一方のエッジノードに集めた後その情報から光パスの配置を設定するといった手順を採らないからである。

【０１１２】かかる動作は、各ノード装置における以下の動作により実現される。本実施形態例の場合も、ある宛先に対する最初のパケットがある端末（又はアクセス系の網）からユーザパケットを受け取ったノード装置２（図中左端の送信側エッジノード）が、自身のルータ部２Ａに現在設定されている光パス及びルーティングテーブルに従って、次の転送先となるノード装置２に当該パケットを転送することで一連の動作が開始される点では同じである。

【０１１３】図８（Ａ）に示すように、最初のユーザパケットは、転送先に選択されたノード装置における既存のルーティング処理により順次転送され、やがて宛先側エッジノードへと到達する。

【０１１４】かかるパケットを受け取った宛先側エッジノードは、当該ユーザパケットを宛先となる端末（又はアクセス系の網）に出力する一方、当該ユーザパケットが転送されてきた上流側のノード装置（コアノード）に対し、カットスルー設定パケットを返送する。このと

50 き、自身の空き資源情報を通知する。

【0115】コアノード（宛先側エッジノードから1つ上流側）は、カットスルー設定パケットを受け取ると、空き波長資源が自身の1つ上流側と下流側の両方に存在するか否かを判定し、存在する場合には自ノード内でカットスルーが可能であると判断してカットスルー光パスを設定し（図8（B））、これを上流ノードと下流ノードに伝える。

【0116】このカットスルー設定パケットの通知により、さらに上流のコアノード（宛先側エッジノードから2つ上流側）は、下流側で光パスが設定されたことを知る。この場合、コアノードは、自ノードから上流側に対し、既に設定されている下流側のカットスルー光パスと接続できるカットスルーパスの設定が可能な波長資源が存在するか否かを検討する。そして、当該資源が存在する場合には、コアノードは、自ノード内に新たなカットスルー光パスを設定し、既存のカットスルー光パスを更に1つ上流側のノード装置まで延長し、これを1つ上流のノード装置に連絡する。

【0117】なお、カットスルー光パスの設定が不可能であれば、その情報を上流ノードに連絡する。これを繰り返すことによって、送信側エッジノードに連絡が届く際には、両エッジノード間のカットスルー用光パスの設定が完了する（図8（C））。

【0118】かくして、その後に転送されるユーザパケットは、カットスルー用光パスを用いて転送される、すなわち、IPレイヤ（第3層）をカットスルーする高速転送を実現できる。

【0119】（D-4）実施形態例の効果

上述のように、本実施形態例に係る機能構成を有するノード装置（ノード制御装置、光パス設定方法）を光ネットワークシステム上に配置すれば、IPレイヤ（第3階層）をカットスルーさせることが可能となり、ルータ部2Aに掛かる負荷を従来システムに比して各段に削減することができる。かくして、パケット伝送におけるスループットの向上や遅延時間の削減を実現できる。

【0120】また、本実施形態例に係るノード装置の場合には、宛先側エッジノードから出力されたカットスルー設定パケットが送信側エッジノードに届いた時点で、既にカットスルーの可能な状態を実現することができる。これにより、カットスルー用光パスの設定までの時間を、第1及び第2の実施形態例の場合に比して短縮できる。

【0121】もっとも、第1の実施形態例の場合や第2の実施形態例の場合には、パケットの転送を中継する全てのコアノードの情報が全て収集された後に光パスの設定を行うため、第3の実施形態例で実現した場合よりも長い区間についてカットスルー光パスを設定できる可能性がある。

【0122】（D-5）変形例

なお、上述の説明では、カットスルーの設定が可能な下

流側のノード装置から順番に、上流側のノード装置との間にカットスルー光パスを設定させるための構成を説明したが、上述の場合とは反対に、送信側エッジノードから宛先側エッジノードに向かってカットスルー設定パケットを流し、当該パケットの到着と同時に、カットスルー用の光パスを上流側から下流順へと順次設定させる構成とすることも可能である（図9）。

【0123】（E）第4の実施形態例

続いて、第4の実施形態例を、図10を用いて説明する。この第4の実施形態例は、上述した各実施形態例に係るノード装置2に搭載されるノード制御機能部2Bに、次の機能部をさらに追加した点を特徴とするものであり、上述の各実施形態例に対する変形例に相当するものである。

【0124】ここでは、新たに追加する機能部を、カットスルー光パス要／不要判断機能部2B7と呼ぶことにする。このカットスルー光パス要／不要判断機能部2B7は、前述の各実施形態例で説明したカットスルー光パスの設定動作が実際に開始される前に設定の必要性を判断し、必要があると判断された場合にのみ選択的にカットスルー光パスの設定を行えるようにできるようにするための機能である。

【0125】具体的には、エッジノードがカットスルー要求パケット（第1又は第2実施形態例）を送出する前又はカットスルー設定パケット（第3実施形態例）を送出する前に、カットスルー光パス要／不要判断機能部2B7が、以下の判断基準に基づいて判断する。

【0126】ここで使用する判断基準は、先に転送した新規のアドレスを有するユーザパケットと同一の送信元アドレス（SA）及び宛先アドレス（DA）をもつパケットが、今後大量に光ネットワークシステム上に転送される可能性があるか否かである。なお、ここでの可能性は、同一経路上に大量にパケットが流れる可能性があるか否かだけではなく、遅延時間に対する要求の厳しい

（実時間性の）アプリケーションパケットであるか否かによっても判断される。

【0127】そして、新たにカットスルー光パスを設定することが必要だと判断された場合のみ、上述の各実施形態例において説明したカットスルー要求パケット（第1又は第2実施形態例）又はカットスルー設定パケット（第3実施形態例）の送出を許容する。

【0128】なお、カットスルー光パス要／不要判断機能部2B7に基づく新たなカットスルー光パスを設定するか否かの判断は、必ずしもエッジノード上で行われる必要はない。

【0129】かくして、第4の実施形態例に係る機能構成を有するノード装置（ノード制御装置、光パス設定方法）を光ネットワークシステム上に配置すれば、新に必要な場合のみカットスルー用の光パスが設定されるようになるので、すなわち、ネットワーク全体又はあ

るユーザにとって必要性の高いサービスが提供される場合にのみカットスルー用の光パスが設定されるようになるので、波長数の限界が数十から数百程度である現在の光通信技術の状況下では、波長資源の無駄が必要最小限とできるシステムを構築できる。

【0130】(F) 第5の実施形態例

上述の第1～第4の実施形態例は、大雑把に言うと、光パスの動的配置という基本概念と、MPLS (Multi-Protocol-Label-Switching) 等に代表されるIP/ATM (Asynchronous Transfer Mode) ルータにおけるフロー駆動型マルチレイヤスイッチとを組み合わせる方法とも言えるが、IP/ATMが想定する資源環境と本願明細書で説明するIP/Lightwaveが想定する資源環境とは必ずしも同じではない。

【0131】例えば、IP/ATMの場合であれば、ATMは物理網上に論理的にチャネルを設定することができるため、多数のチャネルを持つことが可能であり、各パスの帯域は小さくても良い。

【0132】しかし、IP/Lightwaveの場合には、光パスの本数が光波長多重数に制限され、しかも、その帯域は光信号速度と等しくなってしまう。ここで、現在の光伝送信号速度は2.5 [Gbit/sec] ～ 20 [Gbit/sec] であり、これに比べるとルータ部2Aの速度は遅いものが多い。また、インタフェースの速度として25 [Gbit/sec] 等の高速のものも存在はするが、実際のスループットはそこまで出ないものが多い。また、仮に、ルータ部2Aの速度が超高速になったとしても、アクセス系の速度がそれと同様になるとは限らない。

【0133】従って、前述の各実施形態例のように、第3層のルータ処理を光パスによってカットスルーしても、IP帯域(第3層)が光信号の帯域(第2層)の数%～数十%しか埋まらず、無駄になってしまう可能性もある。

【0134】本実施形態例は、このような場合にも、光パスの帯域をできるだけ有効に活用できるノード装置(ノード制御装置、光パス設定方法)の実現、ひいては光パスの帯域利用効率の高い光ネットワークシステムのような実現を目的とする。図11に、本実施形態例に係るノード装置の構成例を示す。なお、ノード制御機能部2Bには、前述の第1～第4の実施形態例で説明したノード制御機能部2B(図1、図5、図7、図10)のいずれかを適用する。

【0135】本実施形態例に特有の構成は、ノード装置2を構成するルータ部2Aの出力の幾つかに宛先別バッファ2Dを設けた点である。すなわち、ルータ部2Aのデータ出力が、宛先別バッファ2Dを介してから光クロスコネクタ(光ADM)2Cに与えられるようにしたことを特徴とする。

【0136】なお、宛先別バッファ2Dには、各バッ

ファから読み出された信号を任意の光クロスコネクタ2Cの入力ポートに導くことを可能とするスイッチ機能部2Eを持たせるものとする。もっとも、このスイッチ機能部2Eについては、光クロスコネクタ2C側の機能として実現する等様々な実現方法が考えられる。

【0137】次に、本実施形態例に係るノード装置2によって実現されるIPパケットの転送動作を説明する。本実施形態例におけるノード装置2は、端末(又はアクセス網)からIPパケットが送られてくると、一旦、宛先別バッファ2Dに蓄積する。そして、宛先別バッファ2Dがある程度溜まった状態になってから、ノード制御機能部2Bによりカットスルー用の光パスの設定処理を実行する。

【0138】そして、カットスルー用光パスが設定されると、それまで宛先別バッファ2Dに蓄積されていたIPパケットが一気に宛先ノードに向けて送信される。この送信が終了された後、当該カットスルー用光パスは開放される。なお、開放後の光パスは、今度は別の宛先別バッファ2Dに蓄積されているIPパケットの送信に使用されることになる。なお、カットスルー用光パスの設定動作については、上述の各実施形態例において説明したと同様の動作となるので説明を省略した。

【0139】なおここで、宛先別バッファ2Dに蓄積されるIPパケットの宛先は必ずしも完全に同一である必要はない。最終的には別の宛先であっても、その直前まで同じ経路を通るパケットならば、同一の宛先別バッファ2Dに蓄積しても効果が得られるからである。

【0140】このように、第5の実施形態例に係る機能構成を有するノード装置(ノード制御装置、光パス設定方法)を光ネットワークシステム上に配置すれば、カットスルー用光パスの設定により、ルータ部2Aに掛かる負荷の低減とスループットの向上とを実現できるのに加えて、限られた光信号の帯域をより有効に利用できるという効果が得られる。

【0141】特に、現在実用化されている光スイッチは切替え速度があまり高速でないので、切替え時間に要するオーバーヘッドをできるだけ短くしたい(頻繁に光パスを切替えるのではなく、ある程度溜めてある程度の連続した時間光パスを設定しておきたい)という要望があることから本方式は有効である。

【0142】(G) 第6の実施形態例
続いて、第6の実施形態例を、図12を用いて説明する。この第6の実施形態例は、上述した第5の実施形態例の変形例に相当するものである。この第6の実施形態例と第5の実施形態例との相違点は、本実施形態例の場合、ノード装置2を構成するルータ部2Aに許容遅延認識機能部2A1を新たに設ける点である。なお、許容遅延認識機能部2A1は、専ら、送信側エッジノード上にて機能する。

【0143】この機能部を設けた理由は、第5の実施形

10

20

30

40

50

態例だけで生じる可能性のある問題を適応的に回避できるようにするためである。すなわち、第5の実施形態例の場合には、スループットの向上と帯域の有効活用が可能となる一方で、遅延時間が問題となる可能性があるためである。例えば、インターネット・テレビ電話等リアルタイム系アプリケーション用のパケットについては、当該パケットが所定時間以上に亘って蓄積されることになると、かえってサービス品質の低下を招く可能性がある。

【0144】そこで、本実施形態例に係るノード装置は、ルータ部2Aの許容遅延認識機能部2A1によって、現在転送対象になっているパケットが、インターネットテレビ電話等に代表されるリアルタイム系アプリケーションのパケットであるか、ファイル転送等に代表される非リアルタイム系アプリケーションのパケットであるかを判別し、後者と判別されたものについてのみ宛先別バッファ2Dを用いたパケットの転送を選択するようにする。

【0145】なお、本実施形態例に係るノード装置は、非リアルタイム系アプリケーションのパケット（宛先別バッファ2Dに蓄積されるもの）については、ある程度溜まった時点で（又は、ある時間間隔などのイベントによって）、光レイヤ（第2層）に設定したカットスルー用の光パスを介して転送を行うようにする。ここで、当該パケットの転送に使用する光パスとしては、例えば、帯域の使用効率を優先に設定したもの（カットスルー数が最大となるように設定したもの）を用いる。

【0146】一方、リアルタイム系アプリケーションのパケット（宛先別バッファ2Dに蓄積しないで直接転送するもの）については、上述の各実施形態例に示したように、動的に配置される光パスを使用しても良いし、固定的に配置された光パスを用いて転送を行うようにしても良い。なおここで、動的に配置される光パスの例としては、帯域に多少無駄が生じてでもルータ部2Aにおける遅延時間を最小化するように配置された光パスと、遅延時間が多少生じてでもスループットの最大化を目指すように配置された光パスとが考えられる。

【0147】このように、第6の実施形態例に係る機能構成を有するノード装置（ノード制御装置、光パス設定方法）を光ネットワークシステム上に配置することになれば、第5の実施形態例における特長に加え、リアルタイム系アプリケーションのパケットを宛先別バッファでのキューイング遅延なく転送できるという効果を得ることができる。

【0148】（H）第7の実施形態例
既に述べたように、第1～第4の実施形態例は、大雑把に言うと、光パスの動的配置という基本概念と、MPLS等に代表されるIP/ATMルータにおけるフロー駆動型マルチレイヤスイッチとを組み合わせただけの方法とも言えるが、IP/ATMが想定する資源環境と

本願明細書で説明するIP/Lightwaveが想定する資源環境とは必ずしも同じではない。

【0149】例えば、IP/ATMの場合であれば、ATMは物理網上に論理的にチャネルを設定することができるため、隣接ノードとの通信は論理チャネルを1つ残しておけばそれで確保できた。

【0150】しかし、IP/Lightwaveの場合には、光パスの本数が光波長多重数と等しく、帯域の小さな情報転送用の論理チャネルをATMと同じ方法で持つことはできない。従って、何らの対策を持たなければ、光ネットワークシステム上のあるノード装置が、ある隣接ノード装置より入力する全ての光パスをカットスルーに使用するように設定してしまうと、もはや、そのノード装置と隣接ノード装置の間では、光パスの設定開放などの通信を直接的に行うことができなくなってしまう。

【0151】もちろん、1つでも他のノード装置と通信できる光パスが残っていれば、その光パスを用いてホップを重ねれば、他のいずれのノード装置とも通信することは可能であるが、その場合には、その光パスに大きな負担が掛かってしまう。

【0152】そこで、本実施形態例に係るノード装置においては、常に、他のノード装置との間に情報チャネルとして利用できる光パスを残すための制御を行う機能部を、ノード制御機能部2Bに設ける構成を提案する。本明細書では、当該機能部を情報チャネル確保確認機能部2B8と呼ぶことにする。

【0153】図13に、本実施形態に係るノード装置の構成例を示す。なお、図13には（その他の図面においても）図示していないが、他のノード装置との間で情報信号をやり取りする情報信号処理機能部が、ノード制御機能部2Bに設けられている。上述の又は後述する他の実施形態例についても同じである。

【0154】また、図13では、前述の第6の実施形態例に係るノード装置に情報チャネル確保確認機能部2B8を付加した構成のものを表しているが、当然に、第1～5の実施形態例に係る各ノード装置について、本実施形態例に係る情報チャネル確保確認機能部2B8を適用することは可能である。

【0155】次に、かかる構成を有するノード装置によるカットスルー用光パスの設定について説明する。まず、ノード装置2は、光レイヤ（第2層）によるIPレイヤ（第3層）のカットスルー要求を受け取ると、前述のノード制御機能部2Bの機能部によって空き波長資源の有無及び適否を確認しカットスルーが可能か否かを判定する。

【0156】ここで、カットスルー用光パスの設定が可能であった場合、ノード装置2は、情報チャネル確保確認機能部2B8によって、当該光パスを実際に設定した場合に、他のノード装置との間で通信を行うのに必要な

情報チャネルが残されるか否かを判断する。そして、必要な情報チャネルが残ることが確認された場合に、ノード装置 2 は、光バスへの切り替えを実際に実行する。

【0157】なお、このように確保された情報チャネル用の光バスには、一般のデータパケットを転送することもできる。また、当該情報チャネルは、隣接ノード装置との間に設定される場合が最も単純な形態であるが、必ずしもその必要はない。何度かのパケットフォワーディングを必要とする（遠回りする）にしても、要は、必要な情報（パケット）が、確保された情報チャネルを介して宛先に届けば良いからである。

【0158】上述のように、本実施形態例に係るノード装置（ノード制御装置、光バス設定方法）を光ネットワークシステム上に配置すれば、上述の各実施形態例での効果に加え、隣接ノード間に情報チャネルを常に確保できるという更なる効果を期待できる。かくして、光バスの設定開放等の通信を常に直接的に実行できる。

【0159】（I）第 8 の実施形態例

続いて、第 8 の実施形態例を、図 14 を用いて説明する。上述の第 7 の実施形態例は、結果的に情報チャネルの確保されれば良いとする技術思想に基づく構成例であるが、本実施形態例では、情報チャネル用として予め専用の光バスを設定することで（ある光波長を情報チャネル用に固定的に割り当てることで）、カットスルー用光バスの設定開放を保証できるノード装置について説明する。

【0160】かかる機能を実現するため、本実施形態例に係るノード装置 2 の場合には、光ファイバ 3 から特定波長の光信号を抽出し、又は、特定の波長の光信号を光ファイバ 3 に挿入する情報チャネル用光バス抽出／挿入部 2 F を、ノード装置内に設けることにする。

【0161】情報チャネル用光バス抽出／挿入部 2 F は、ある時は、他のノード装置から転送されてきた情報チャネル用の光信号を光ファイバ 3 から抽出する手段として機能し、またある時は、他のノード装置に対し情報チャネル用の光信号を挿入する手段として機能する。

【0162】すなわち、情報チャネル用光バス抽出／挿入部 2 F は、光ファイバ 3 から特定波長の光信号を抽出してルータ部 2 A に転送し、当該光信号に重畳された情報を処理する情報信号処理機能部（ノード制御機能部 2 B 内）へと導く。また、情報チャネル用光バス抽出／挿入部 2 F は、情報信号処理機能部（ノード制御機能部 2 B 内）が他のノード装置に宛てた情報をルータ部 2 A を経由して受け取ると、当該情報を重畳した特定波長の光信号を光ファイバ 3 に挿入する。

【0163】なお、カットスルー用光バスの設定手順やユーザパケットの転送手順等、基本的な動作については他の実施形態例の場合と同じである。

【0164】このように、本実施形態例に係るノード装置（ノード制御装置、光バス設定方法）を光ネットワー

クシステム上に配置すれば、光バスの切替え等に必要とされる情報の転送に必要な情報チャネルを物理的に確実に確保することができる。

【0165】（J）第 9 の実施形態例

続いて、第 9 の実施形態例を、図 15 を用いて説明する。この第 9 の実施形態例は、上述の第 8 の実施形態例の場合とは異なり、情報チャネル用の専用の光バスを予め設定しておくのではなく、ユーザデータ用の通常のカットスルー光バスにパイロットトーン信号を重畳して流すことで、情報チャネルを常時確保する場合の構成例である。

【0166】本実施形態例に係るノード装置 2 は、ノード装置内に設けた情報チャネル用パイロットトーン信号重畳／受信機能部 2 G により当該機能を実現する。この機能部の存在により、仮にあるノード装置 2 における全ての又はほとんど全ての光バスがカットスルー用の光バスに設定されている場合でも、隣接ノード間（又は少し離れたノード間）での情報のやりとりが可能となる。

【0167】勿論、本方式をそのまま適用する場合にも一定の効果は期待できるが、同時期に同一バス上の複数のノード装置がパイロットトーン信号を送信するような事態が生じると、最下流のノード装置においてパイロットトーン信号の衝突を招き、送信した情報が受け取れなくなるおそれがある。

【0168】そこで、本実施形態例では、以下のような手段を講じるのが一層効果的である。例えば、情報を送る時のみパースト的にパイロットトーン信号を流すようにする。この場合、パイロットトーン信号の衝突によって受信ができない事態が生じたとしても、最下流のノードは、当該情報チャネルの空き時間を利用して再送要求をかけることができる。また例えば、正常に情報が受信された場合には必ず肯定応答（ACK）を送信側に返送することを定めておくことにより、当該肯定応答（ACK）が帰ってこなければ自動的に情報の再送を行う構成としても良い。

【0169】なおこの場合、再送は上流側のノードが何らかの手段（例えば、再送までの時間を乱数で決めるなど）により時間をずらして行うことで更なる衝突の発生確率を低減できる。

【0170】以上のように本実施形態例に係るノード装置（ノード制御装置、光バス設定方法）を光ネットワークシステム上に配置すれば、あるノード装置における全ての又はほとんど全ての光バスが通過（カットスルー）する場合でも隣接ノード装置間（少し離れたノード装置を含む。）での情報のやり取りを可能とできる。

【0171】（K）第 10 の実施形態例

続いて、第 10 の実施形態例を、図 16 を用いて説明する。本実施形態においては、上述の第 9 の実施形態例の場合とは異なり、ユーザデータ用の通常のカットスルー光バスにパイロットトーン信号を TDM 多重すること

で、情報チャネルの確保を実現する場合について説明する。

【0172】本実施形態例に係るノード装置2は、ノード装置内に設けた情報チャネル用TDMパイロットトン重畳／受信機能部2Hにより当該機能を実現する。ここで、パイロットトン信号のTDM多重例を図17に示す。図では、最上流のノード装置2(1)がパイロットトン信号を流したタイムスロットを基準として、次段以降のノード装置2(2)、(3)…がそれぞれ異なるタイムスロットに自身の情報を重畳する様子を表している。

【0173】なお、同期は、パイロットトン信号を受信する際に使用する同期回路をそのまま利用することもできる。また、当然であるが、異なる光パスでは同じ周波数のパイロットトン信号を用いても混信のおそれはない。

【0174】以上のように本実施形態例に係るノード装置(ノード制御装置、光パス設定方法)を光ネットワークシステム上に配置すれば、パイロット信号同士の衝突のおそれなく情報の伝送が可能となる。

【0175】なお、本実施形態においては、パイロットトン信号の伝送にTDM多重方式を採用したが、各ノード装置ごとに異なる周波数のパイロットトン信号の送受信装置を配置し、これら装置によってノード装置間の通信を可能としても良い。ここで、パイロットトン信号の周波数は、ノード装置ごとに異なるものを割り当てるのが原則であるが、十分に距離の離れたノード装置において受信される別のノード装置のパイロットトン信号が十分に弱くなっているようであれば、同じ周波数を適当な空間配置で使用しても良い。

【0176】(L)他の実施形態

なお、上述の実施形態例においては、ノード装置2として、入力パケットの第3層(ネットワーク層)アドレスを基にパケットを高速転送する、いわゆるレイヤ3スイッチの場合について述べたが、TCPやUDPのポート番号など、入力パケットの第4層(トランスポート層)のヘッダ情報を読み取ってパケットの転送処理を行う、いわゆるレイヤ4スイッチその他にも適用し得る。この場合、第3層以上の処理がカットスルーされることになる。

【0177】

【発明の効果】(A) 上述のように本発明(請求項1)によれば、光ネットワークシステムを構成するノード装置に、(1) エッジ／コア判定手段と、(2) カットスルー要求パケット処理手段と、(3) 光パス配置要求パケット処理手段と、(4) 光パス切替手段を備え、送信側エッジノードにて最適な光パスの配置を決定するようにしたことにより、宛先側エッジノードに負荷が掛かり過ぎないようにできる。

【0178】(B) また、上述のように本発明(請求項

2)によれば、光ネットワークシステムを構成するノード装置に、(1) エッジ／コア判定手段と、(2) カットスルー要求パケット処理手段と、(3) 光パス配置要求パケット処理手段と、(4) 光パス切替手段を備え、宛先側エッジノードにて最適な光パスの配置を決定するようにしたことにより、送信側エッジノードに負荷が掛かり過ぎないようにできる。

【0179】(C) また、上述のように本発明(請求項3)によれば、光ネットワークシステムを構成するノード装置に、(1) エッジ／コア判定手段と、(2) カットスルー設定パケット処理手段と、(3) 光パス切替手段を備え、各ノード装置の空き資源情報が宛先側エッジノードから送信側エッジノードに転送される過程で、自律的にカットスルー光パスの設定の可能性を判断し、設定可能な場合は光パスの設定を行うようにしたことにより、設定までに要する時間の短縮を実現できる。

【0180】(D) また、上述のように本発明(請求項4)によれば、光ネットワークシステムを構成するノード装置に、(1) エッジ／コア判定手段と、(2) カットスルー設定パケット処理手段と、(3) 光パス切替手段を備え、各ノード装置の空き資源情報が送信側エッジノードから宛先側エッジノードに転送される過程で、自律的にカットスルー光パスの設定の可能性を判断し、設定可能な場合は光パスの設定を行うようにしたことにより、設定までに要する時間の短縮を実現できる。

【0181】(E) なお、上述の各発明(請求項1～4)においては、光パスの設定から一定時間経過後、又は当該光パスの両端に位置するノード装置における通信パケット数の減少確認時に、強制的に光パスを開放する強制開放手段をさらに備えることにより、資源が無駄に消費され続けるおそれを回避できる。

【0182】(F) また、上述の各発明(請求項1～5)においては、カットスルー要求パケットの送出又はカットスルー設定パケットの送出に先立って、カットスルーの必要性を判断し、必要と判断されたものについてのみ選択的にカットスルー光パスの設定を行うカットスルー光パス要／不要判断手段をさらに備えることにより、例えば、少量のパケットしか転送されないものについてまでカットスルー光パスが設定されるおそれをなくし得、資源の無駄使いを回避できる。

【0183】(G) また、上述の各発明(請求項1～6)においては、カットスルー要求パケットの送出又はカットスルー設定パケットの送出に先立って、カットスルー光パスの設定される経路上のノード装置間にカットスルー光パスの設定後も情報チャネルが確保されるか否かを判断し、情報チャネルが確保される場合に限りカットスルー光パスの設定を行う情報チャネル確保手段をさらに備えることにより、カットスルー光パスの設定後も、当該光パス経路上のノード装置間における情報のやりとりができなくなるような事態を確実に回避できる。

【0184】(H) また、上述のように本発明（請求項 8）によれば、ノード装置に、(1) ルータ部と、(2) 光クロスコネクタ部と、(3) 請求項 1～7 のいずれかに記載のノード制御装置を設けることにより、カットスルー光パスの最適化、カットスルー光パスの設定時間の短縮、資源の有効活用、情報チャネルの確保などの効果を実現できる。

【0185】(I) また、上述の発明（請求項 8）においては、ルータ部から光クロスコネクタ部への出力のうち幾つかに宛先別バッファを接続すると共に、当該宛先別バッファから読み出されたパケットを光クロスコネクタ部の任意の入力ポートに接続可能なスイッチ部をさらに備えることにより、カットスルー光パスを用いた通信効率の向上を実現できる。

【0186】(J) また、上述の発明（請求項 9）においては、ルータ部には、転送パケットの許容遅延量を判定し、許容遅延量が大きいパケットについてのみ宛先別バッファへの出力を認め、許容遅延量が小さいパケットについては直接的に光クロスコネクタ部に出力させる許容遅延認識機能手段をさらに備えることにより、リアルタイム系のパケットのように許容遅延時間の小さいパケットが誤って宛先別バッファに蓄積される事態を回避でき、通信品質の劣化を有効に回避できる。

【0187】(K) また、上述のように本発明（請求項 11）によれば、ノード装置に、(1) ルータ部と、(2) 光クロスコネクタ部と、(3) 請求項 1～6 のいずれかに記載のノード制御装置と、(4) 情報チャネル用光パス抽出／挿入手段を設けることにより、カットスルー光パスの最適化、カットスルー光パスの設定時間の短縮、資源の有効活用などの効果に加え、情報チャネルの確保という効果を実現できる。

【0188】(L) また、上述のように本発明（請求項 12）によれば、ノード装置に、(1) ルータ部と、(2) 光クロスコネクタ部と、(3) 請求項 1～6 のいずれかに記載のノード制御装置と、(4) 情報チャネル用パイロットトン信号重畳／受信手段を設けることにより、カットスルー光パスの最適化、カットスルー光パスの設定時間の短縮、資源の有効活用などの効果に加え、情報チャネルの確保という効果を実現できる。

【0189】(M) なお、上述の発明（請求項 12）においては、情報チャネル用のパイロットトン信号を時分割多重方式にて伝送することが望ましい。これにより、パイロットトンの衝突の可能性をなくすることができる。

【0190】(N) また、本発明（請求項 14）においては、光ネットワークシステムを、請求項 8～13 のいずれかに記載のノード装置を複数配置して構成することにより、カットスルー光パスの最適化、カットスルー光パスの設定時間の短縮、資源の有効活用、情報チャネルの確保などの効果を実現できる光ネットワークシステム

を得ることができる。

【0191】(O) また、上述のように本発明（請求項 15）によれば、光ネットワークシステム上における光パス設定方法として、(1) 自ノードが収容する端末又はアクセス系ネットワークへのパケットの転送を確認した宛先側エッジノードが、送信側エッジノードに宛てて自ノードの空き資源情報を通知する工程と、(2) 送信側エッジノードが、宛先側エッジノード及びコアノードより通知された空き資源情報に基づいて転送経路上に設定すべき最適な光パスの配置を求める工程と、(3) 送信側エッジノード、コアノード及び宛先側エッジノードが、前工程で求められた光パスの配置に従い、転送経路上の全部又は一部をカットスルーする光パスを設定する工程を備えるものを採用することにより、宛先側エッジノードに負荷が掛かり過ぎない光パス設定方法を提案できる。

【0192】(P) また、上述のように本発明（請求項 16）によれば、光ネットワークシステム上における光パス設定方法として、(1) 宛先へのパケットの転送を確認した送信側エッジノードが、宛先側エッジノードに宛てて自ノードの空き資源情報を通知する工程と、(2) 宛先側エッジノードが、送信側エッジノード及びコアノードより通知された空き資源情報に基づいて転送経路上に設定すべき最適な光パスの配置を求める工程と、(3) 送信側エッジノード、コアノード及び宛先側エッジノードが、前工程で求められた光パスの配置に従い、転送経路上の全部又は一部をカットスルーする光パスを設定する工程を備えるものを採用することにより、送信側エッジノードに負荷が掛かり過ぎない光パス設定方法を提案できる。

【0193】(Q) また、上述のように本発明（請求項 17）によれば、光ネットワークシステム上における光パス設定方法として、(1) 自ノードが収容する端末又はアクセス系ネットワークへのパケットの転送を確認した宛先側エッジノードが、上流側である送信側エッジノードに宛てて自ノードの空き資源情報を送信する工程と、(2) 空き資源情報を転送するコアノード及び送信側エッジノードが、それぞれ自ノードの下流側から受信された空き資源情報を基にカットスルー光パスの設定が可能な否か判断し、可能な場合は可能と判断された資源を用いてカットスルー光パスを設定すると共にその情報を上流側に通知し、不可能な場合はそれまでに設定されたカットスルーの情報と自ノードの空き資源情報を受信した空き資源情報に追加して上流側に転送する工程を備えるものを採用することにより、設定までに要する時間の短縮を実現できる。

【0194】(R) また、上述のように本発明（請求項 18）によれば、光ネットワークシステム上における光パス設定方法として、(1) 宛先へのパケットの転送を確認した送信側エッジノードが、下流側である送信側エッジノードに宛てて自ノードの空き資源情報を送信する工

程と、(2) 空き資源情報を転送するコアノード及び宛先側エッジノードが、それぞれ自ノードの上流側から受信された空き資源情報を基にカットスルー光パスの設定が可能な否か判断し、可能な場合は可能と判断された資源を用いてカットスルー光パスを設定すると共にその情報を下流側に通知し、不可能な場合はそれまでに設定されたカットスルーの情報と自ノードの空き資源情報を受信した空き資源情報に追加して下流側に転送する工程を備えるものを採用することにより、設定までに要する時間の短縮を実現できる。

【0195】(S) また、上述の各発明（請求項15～18）においては、光パスの設定から一定時間経過後、又は当該光パスの両端に位置するノード装置における通信パケット数の減少確認時、強制的に光パスを開放することが望ましい。

【0196】(T) また、上述の各発明（請求項15～19）においては、カットスルー光パスの設定に先立って、カットスルーの必要性を判断し、必要と判断されたものについてのみ設定処理を継続することが望ましい。この機能により、例えば、少量のパケットしか転送されないものについてまでカットスルー光パスが設定されるおそれをなくし得、資源の無駄使いを回避できる。

【0197】(U) また、上述の各発明（請求項15～20）においては、カットスルー光パスの設定に先立って、カットスルー光パスの設定される経路上のノード装置間にカットスルー光パスの設定後も情報チャネルが確保されるか否かを判断し、情報チャネルが確保される場合に限りカットスルー光パスの設定を行うことが望ましい。このように本発明では、情報チャネルが確保される場合にしかカットスルー光パスの設定が行われないため、カットスルー光パスの設定後に、当該光パス経路上のノード装置間における情報のやりとりができなくなるような事態を確実に回避できる。

【0198】(V) また、上述の各発明（請求項15～21）においては、設定後のカットスルー光パスには、宛先別バッファから読み出したパケットを流すことが望ましい。これにより、カットスルー光パスを用いた通信効率の向上を実現できる。

【0199】(W) また、上述の発明（請求項22）においては、宛先別バッファには遅延許容量の大きいパケットのみを蓄積させることが望ましい。これにより、リアルタイム系のパケットのように許容遅延時間の小さいパケットが誤って宛先別バッファに蓄積される事態を回避でき、通信品質の劣化を有効に回避できる。

【0200】(X) また、上述の各発明（請求項15～23（請求項21を除く））においては、カットスルー光パスの設定後、当該カットスルー光パスの設定されたノード装置間における情報通信を、情報チャネル用に確保された固定波長の光信号を用いて実現することが望ましい。これにより、カットスルー光パスの設定後も常

に、情報チャネルを確保できる。

【0201】(Y) また、上述の各発明（請求項15～23（請求項21を除く））においては、カットスルー光パスの設定後、当該カットスルー光パスの設定されたノード装置間における情報通信を、ユーザデータ用の光パスに情報チャネル用のパイロットトン信号を重畳することにより実現することが望ましい。このようにしても、これにより、カットスルー光パスの設定後も常に、情報チャネルを確保できる。

10 【0202】(Z) また、上述の発明（請求項25）においては、情報チャネル用のパイロットトン信号を時分割多重方式にて伝送することが望ましい。これにより、パイロットトンの衝突の可能性をなくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ノード装置の第1の実施形態例を示す機能ブロック図である。

【図2】光ネットワークシステムの従来例を示す図である。

20 【図3】光ネットワークシステムの実施形態例を示す図である。

【図4】パケットの転送経路を示す図である（第1の実施形態例）。

【図5】ノード装置の第2の実施形態例を示す機能ブロック図である。

【図6】パケットの転送経路を示す図である（第2の実施形態例）。

【図7】ノード装置の第3の実施形態例を示す機能ブロック図である。

30 【図8】パケットの転送経路を示す図である（第3の実施形態例）。

【図9】パケットの転送経路を示す図である（第3の実施形態例）。

【図10】ノード装置の第4の実施形態例を示す機能ブロック図である。

【図11】ノード装置の第5の実施形態例を示す機能ブロック図である。

【図12】ノード装置の第6の実施形態例を示す機能ブロック図である。

40 【図13】ノード装置の第7の実施形態例を示す機能ブロック図である。

【図14】ノード装置の第8の実施形態例を示す機能ブロック図である。

【図15】ノード装置の第9の実施形態例を示す機能ブロック図である。

【図16】ノード装置の第10の実施形態例を示す機能ブロック図である。

【図17】パイロットトン信号の重畳例を示す図である。

50 【符号の説明】

パス要／不要判断機能部、２Ｂ８…情報チャネル確保確認機能部、２Ｃ…光クロスコネクト部、２Ｄ…宛先別バッファ、２Ｅ…スイッチ機能、２Ｆ…情報チャネル用光パス抽出／挿入部、２Ｇ…パイロットトーン信号重畳／受信機能部、２Ｈ…ＴＤＭパイロットトーン信号重畳／受信機能部。

【図4】

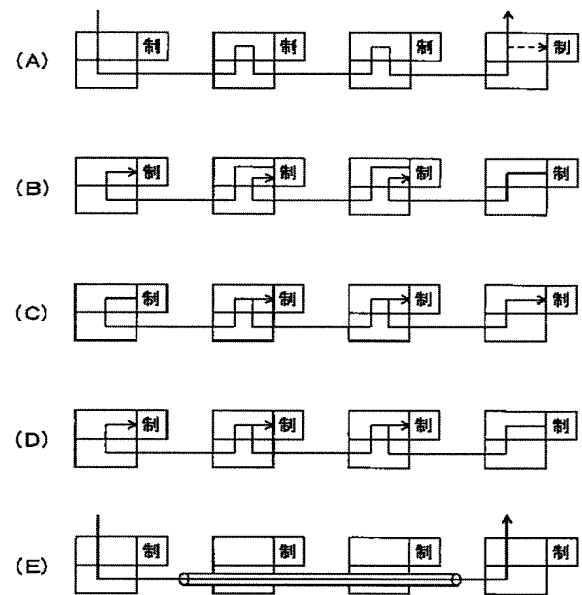
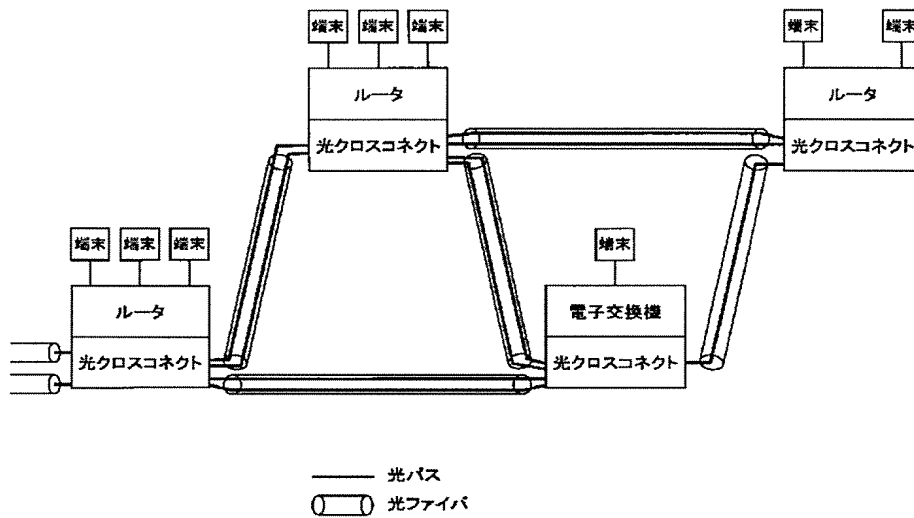


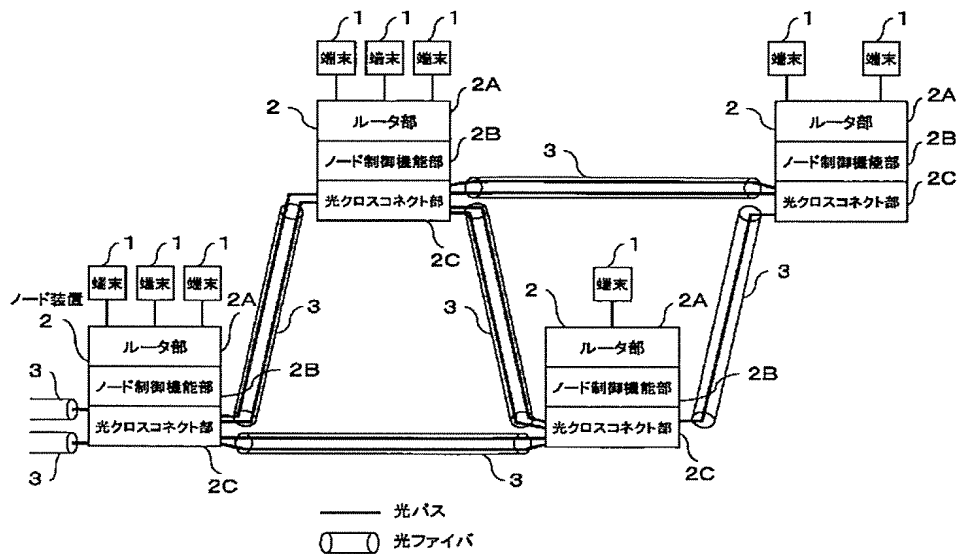
Figure 1 consists of five diagrams labeled (A) through (E), each illustrating a different type of control system. The diagrams are arranged vertically. Each diagram shows a process block (a rectangle) and a control block (a rectangle labeled '制').

- (A) A single control loop. A dashed line with an arrow points from the output of the process block to the control block. A solid line with an arrow points from the output of the control block back to the input of the process block.
- (B) A control loop with a feedforward path. A solid line with an arrow points from the output of the process block to the control block. A solid line with an arrow points from the output of the control block back to the input of the process block. A dashed line with an arrow points from the output of the process block to the input of the control block.
- (C) A control loop with a feedforward path and a feedback path. A solid line with an arrow points from the output of the process block to the control block. A solid line with an arrow points from the output of the control block back to the input of the process block. A dashed line with an arrow points from the output of the process block to the input of the control block.
- (D) A control loop with a feedforward path and a feedback path. A solid line with an arrow points from the output of the process block to the control block. A solid line with an arrow points from the output of the control block back to the input of the process block. A dashed line with an arrow points from the output of the process block to the input of the control block.
- (E) A control loop with a feedforward path and a feedback path, including a delay element. A solid line with an arrow points from the output of the process block to the control block. A solid line with an arrow points from the output of the control block back to the input of the process block. A dashed line with an arrow points from the output of the process block to the input of the control block. A delay element (a circle with a horizontal line) is shown on the feedback path.

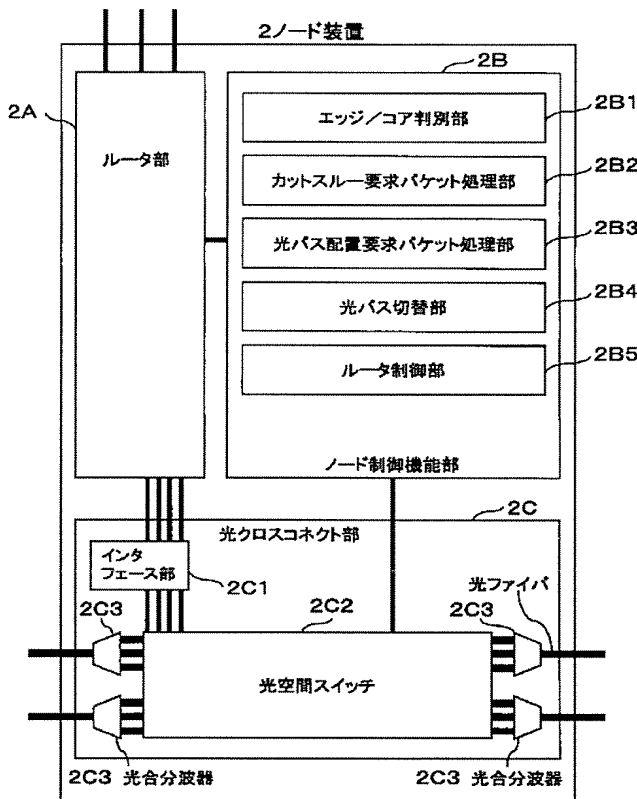
【図 2】



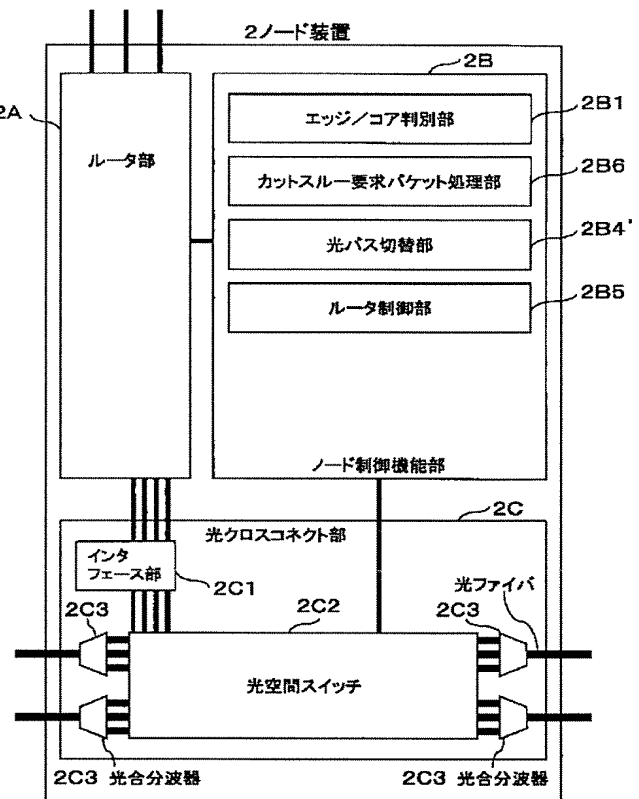
【図 3】



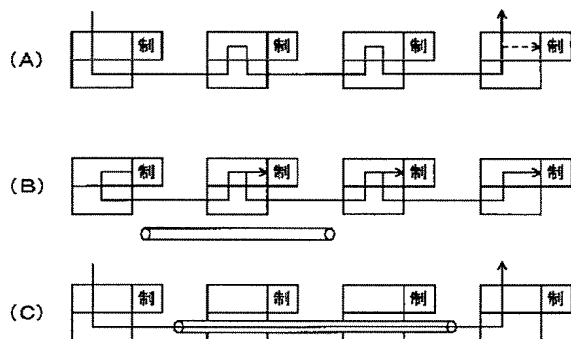
【図 5】



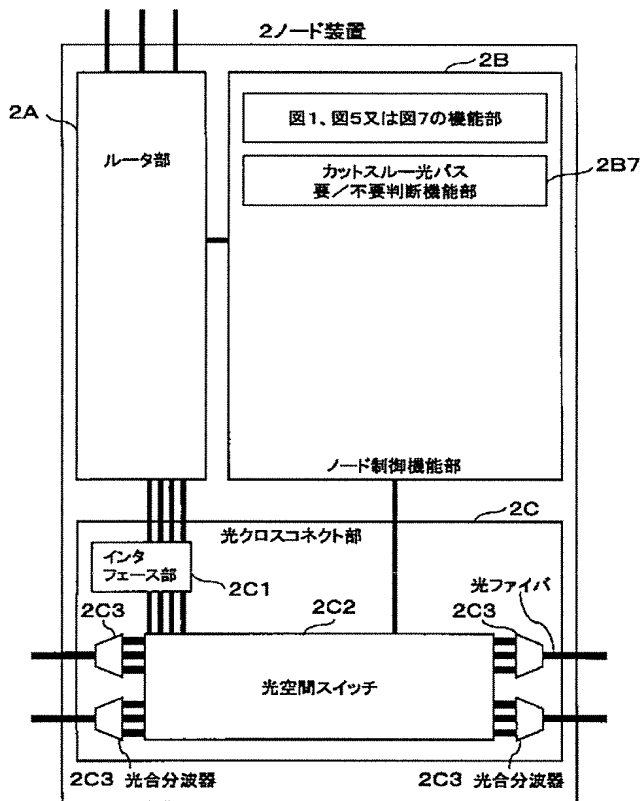
【図 7】



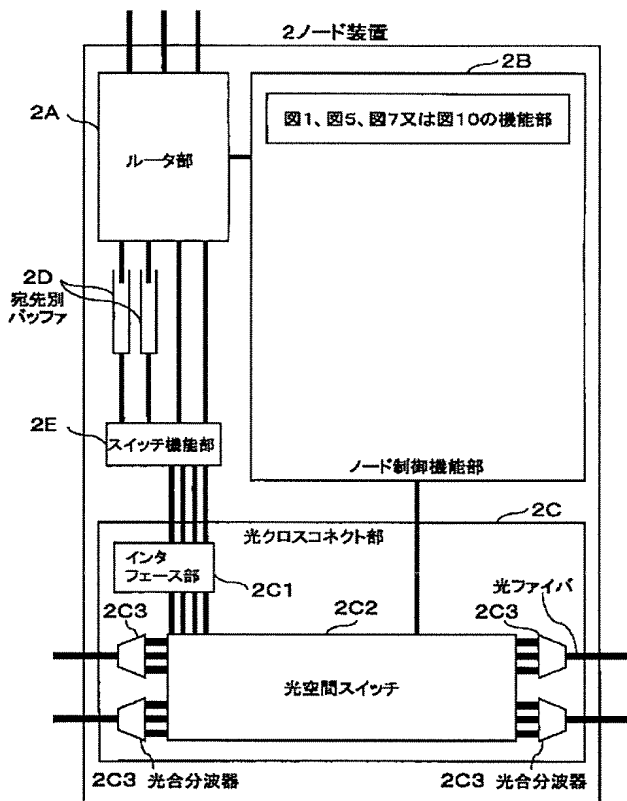
【図 9】



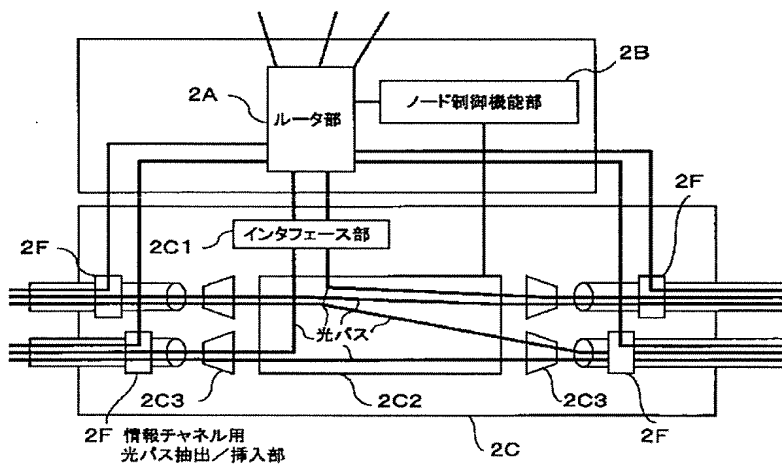
【図10】



【図11】

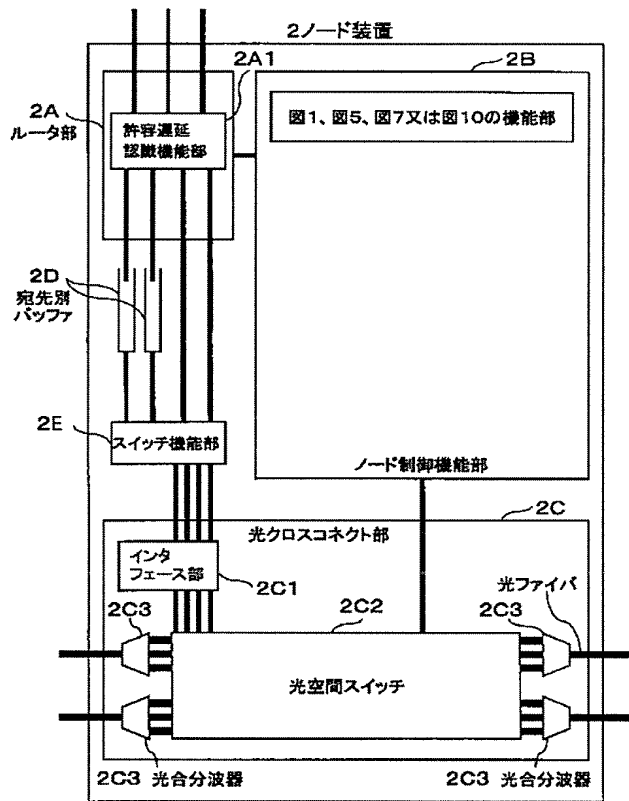


【図14】

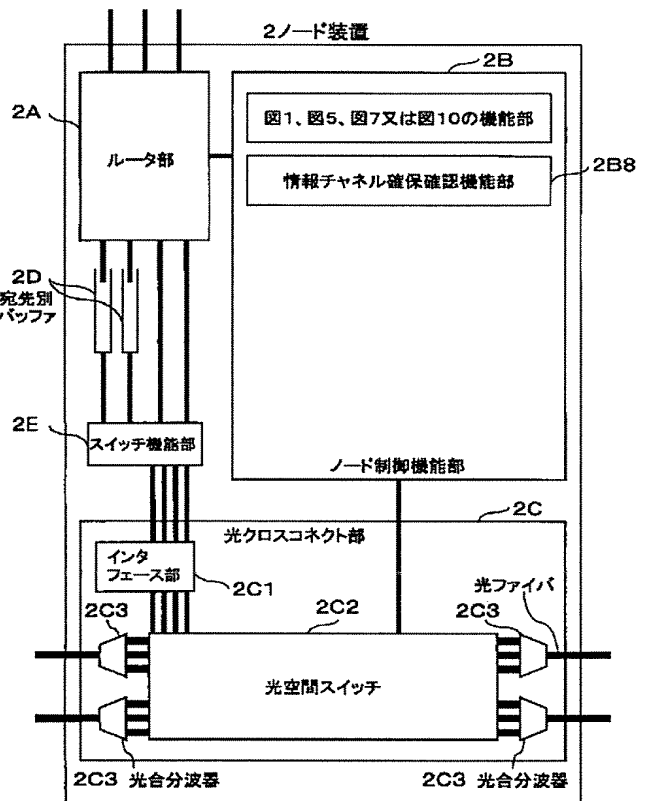


2 ノード装置

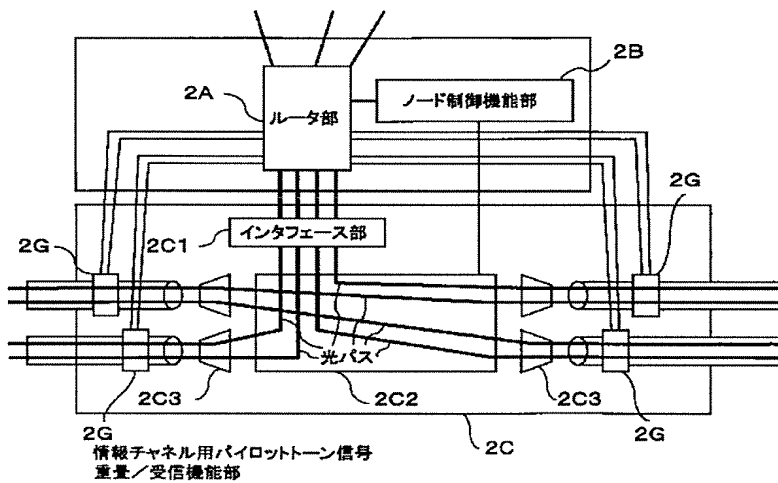
【図12】



【図13】

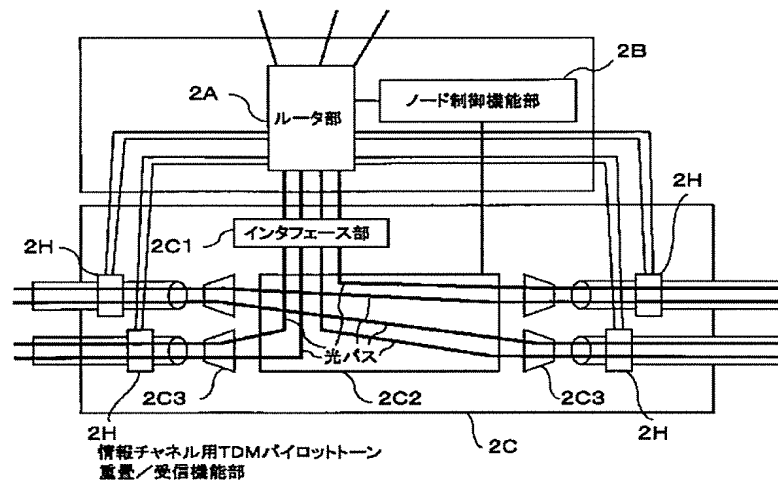


【図15】



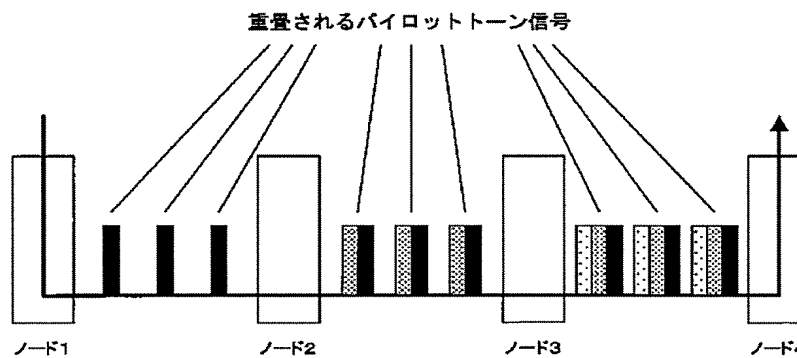
2 ノード装置

【図 16】



2 ノード装置

【図 17】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5K002 AA05 BA05 BA06 DA05 DA09
 FA01
 5K030 GA01 GA08 GA13 HA08 HB11
 HD03 JA12 JL03 KX13 LA11
 LB05
 9A001 BB01 BB03 BB04 CC06 CC07
 EE02 GG06 JJ24 JJ25 KK16
 KK31